



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**ŘÍZENÍ HMOTNOSTI MĚKKÝCH SÝRŮ FORMOVANÝCH
NA MANUÁLNÍ LINCE**

WEIGHT CONTROL OF SOFT CHEESE FORMED ON A MANUAL PRODUCTION LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Páral

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Šárka Tomečková

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1445/2019 Akademický rok: 2019/20
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Bc. Marek Páral**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
Vedoucí práce: **Ing. Šárka Tomečková**

Název diplomové práce:

Řízení hmotnosti měkkých sýrů formovaných na manuální lince

Zadání diplomové práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - stručná charakteristika měkkých sýrů
 - technologie výroby a formování měkkých sýrů
 - použité analytické metody
 - statistické metody vhodné pro zpracování výrobních dat („box–plot“ na odlehle hodnoty, Studentův t–test, Design of Experiments – DOE)
2. Statistickým zpracováním výrobních dat určit parametry vhodné pro řízení hmotnosti sýrů.
3. Metodou DOE definovat optimální nastavení formovací linky.
4. Zvolené nastavení linky ověřit kontrolním vážením sýrů.

Termín odevzdání diplomové práce: 29.5.2020:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

Bc. Marek Páral
student(ka)

Ing. Šárka Tomečková
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2020

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá řízením hmotnosti měkkých sýrů při formování na manuální lince.

V teoretické části je popsáno rozdělení sýrů do skupin, základní charakteristika měkkých sýrů a jejich zástupci. Dále je zpracována celá technologie výroby měkkých sýrů a vysvětleny vlivy na tvorbu syřeniny a faktory ovlivňující hmotnost sýrů při formování. Teoretická část je zakončena základy statistiky pro zpracování dat.

V experimentální části diplomové práce byly vybrány základní měřicí techniky (gravimetrické stanovení sušiny, měření pH, měření teploty a vážení) pro stanovení technologických parametrů (pH syrovátky, pH, sušina a teplota zrna, hmotnost sýrů atd.) k popisu kvality zrna. K nalezení optimálního nastavení formovacího stroje byla využita metoda Design of Experiments, podle níž byly navrženy a provedeny 3 dílčí testy. Výsledky byly ověřeny v reálné výrobě.

K popisu kvality zrna byl vybrán parametr pH syrovátky. Byly nalezeny dva faktory mající významný vliv na hmotnost sýrů při formování, a to pozice operátorů při formování a množství syrovátky přitékající se zrnem do forem. Navržené úpravy při formování byly úspěšně vyzkoušeny ve výrobě a nebyl prokázán statistický rozdíl mezi hmotností jednotlivých sýrů formovaných podle nového nastavení formovacího stroje.

Abstract

The thesis deals with the control of the weight of soft cheeses during molding on a manual line.

The theoretical part describes the classification of cheeses into groups, the basic characteristics of soft cheeses and their representatives. Furthermore, the whole technology of soft cheese production is processed and the effects on curd formation and factors influencing the weight of cheeses during molding are explained. The theoretical part ends with the basics of statistics for data processing.

Basic measuring techniques (dry matter measurement, pH measurement, measurement of temperature and weight) were selected to determine the technological parameters (pH of whey, pH, dry matter and temperature of cheese grain, weight of cheese etc.) to describe the quality of grain in the experimental part of the thesis. The Design of Experiments method was used to find the optimal setting of the molding machine. Three partial experiments were designed and done. Results were verified in real production.

The pH of whey was chosen to describe the grain quality. Two factors have been discovered that have a significant effect on the weight of cheeses during molding, namely the position of the operator during molding and the amount of whey flowing into the forms with the cheese grain. The proposed molding modifications were successfully tested in production and no statistical difference was found between the weight of cheeses formed with the new setting of molding machine.

Klíčová slova

měkké sýry, formování, syrovátka, sušina, DOE

Keywords

soft cheese, molding, whey, dry matter, DOE

PÁRAL, Marek. *Řízení hmotnosti měkkých sýrů formovaných na manuální lince*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124219>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Ing. Šárka Tomečková.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Šárce Tomečkové za odborné vedení, ochotu, trpělivost, cenné rady při zpracování diplomové práce a předané zkušenosti ve výrobní praxi. Společnosti Savencia Fromage & Dairy bych rád poděkoval za možnost absolvování stáže, možnosti měření v reálné výrobě a poskytnuté vzorky. V neposlední řadě patří velké poděkování doc. Ing. Evě Vítové, Ph.D. za odborné rady a pomoc při zpracování práce.

OBSAH

1	Úvod	7
2	Současný stav řešené problematiky	8
2.1	Rozdělení sýrů	8
2.2	Měkké sýry	9
2.2.1	Sýry zrající pod mazem	10
2.2.2	Plísňové sýry	10
2.2.2.1	Sýry s plísní na povrchu	10
2.2.2.2	Sýry s plísní v těstě	10
2.2.3	Sýry zrající v celé hmotě	11
2.3	Technologie výroby měkkých sýrů	12
2.3.1	Základní principy sýrařské technologie	12
2.3.1.1	Koagulace kaseinu	14
2.3.2	Sběr a transport mléka	15
2.3.3	Standardizace mléka	16
2.3.4	Přídavek mikrobiálních kultur	18
2.3.5	Koagulace mléka a krájení sýřeniny	19
2.3.6	Míchání, zahřívání a synereze	20
2.3.7	Formování a odstranění syrovátky	21
2.3.8	Solení	22
2.3.9	Zrání	23
2.4	Procesy ovlivňující tvorbu sýřeniny	24
2.4.1	Některé faktory ovlivňující agregaci	24
2.4.2	Formování gelu	26
2.4.3	Reologické vlastnosti sladce sráženého gelu	26
2.4.4	Synereze	27
2.5	Manuální formování a řízení hmotnosti	29
2.5.1	Vliv sušiny na výslednou hmotnost	29
2.5.2	Vliv pH na výslednou hmotnost	29
2.5.3	Vliv množství syrovátky na výslednou hmotnost	29
2.5.4	Vliv roztírání na výslednou hmotnost	30
2.6	Statistické zpracování a použité metody	30
2.6.1	Normální rozdělení dat	30
2.6.2	Grubbsův test na odlehlé hodnoty	31
2.6.3	Analýza rozptylu	32
2.6.4	Korelační analýza	32

2.6.5	Regresní analýza	33
2.6.6	Metoda plánování experimentů	33
3	Experimentální část	35
3.1	Měřicí vybavení.....	35
3.1.1	Přístroje	35
3.1.2	Pracovní pomůcky	35
3.2	Analyzované vzorky	35
3.3	Použité metody	37
3.3.1	Termogravimetrická analýza vlhkosti s využitím halogenového sušení	37
3.3.2	Stanovení pH	37
3.3.3	Měření teploty	37
3.3.4	Vážení	37
3.4	Příprava a průběh jednotlivých experimentů	37
3.5	Statistické zpracování a vyhodnocené výsledků	38
4	Výsledky a diskuze.....	39
4.1	První část – popis kvality zrna	39
4.2	Druhá část – faktory ovlivňující formování	43
4.2.1	Experiment I.....	45
4.2.2	Experiment II.....	46
4.2.3	Experiment III	47
4.2.4	Shrnutí druhé části	49
4.3	Třetí část – ověření výsledků ve výrobě	49
4.3.1	Shrnutí třetí části.....	51
5	Závěr.....	52
6	Použitá literatura	53
7	Seznam použitých zkratk	55
8	Přílohy	56

1 ÚVOD

Ke zpracování diplomové práce na toto téma jsem se rozhodl na základě praxe ve výrobním závodě, kterou jsem absolvoval. Řešila se situace zprovoznění nové výrobní linky na manuální formování měkkých sýrů. Šlo o převzatou technologii, kterou bylo potřeba upravit na místní podmínky. Parametry formovací linky byly nastaveny fixně, stejně tak pozice obsluhy. Nebyl definován žádný ukazatel, jenž by spolehlivě popisoval kvalitu formované sýřeniny. To se pak projevilo na rozdílné hmotnosti finálních sýrů mezi jednotlivými šaržemi či výrobními dny.

Náplní mé stáže bylo najít nastavení celého procesu formování pro dosažení standardní hmotnosti sýrů, s ohledem na vstupní podmínky materiálu (sýrového zrna), které se vždy trochu liší, a zavedení tohoto nastavení do reálné produkce.

Praxe trvala 28 týdnů a zahrnovala měření základních parametrů v sýraštví, testování a vzorkování v reálném provozu, práci se vzorky a statické zpracování nasbíraných dat. Celý projekt je pro přehlednost a lepší zpracování rozdělen do několika kroků, které na sebe plynule navazují a postupují k hledanému výsledku.

Cílem celé studie má být vypracování návodu (nástroje) k regulaci hmotnosti sýrů během procesu formování. Ideálně jednoduchý manuál pro pracovníky ve výrobě nebo podklady pro jeho vytvoření.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Ve sbírce zákonů České republiky, vyhlášce č. 397/2016 Sb je uvedena definice sýru, která zní: „*mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním*“ [1]. Uvedená mléčná bílkovina je kasein. Sýr v sobě koncentruje nutričně významné složky mléka. Tím je umožněno prodloužení trvanlivosti a snížení hmotnosti [2].

2.1 Rozdělení sýrů

V dnešní době nalezneme na pultech nepřeberné množství sýrů, které se liší sušinou, obsahem tuku, způsobem srážení, způsobem zrání atd. Téměř každá evropská země má svůj typický sýr. Pro lepší zkoumání a přehled byla snaha o jejich zařazení do skupin. To však není jednoduché, jelikož vlastnosti a charakter sýrů popisuje mnoho parametrů, které se navzájem prolínají. Například čedar, parmazán a ementál spadají společně do kategorie tvrdé sýry, i když mají rozdílné aroma a způsob výroby se liší [3].

Nejobecněji lze sýry rozdělit do tří skupin: „Lacticinia“ (mléčné), „Formatica“ (formované) a „Miscellanea“ (různé). „Lacticinia“ zahrnuje produkty z mléka, smetany, syrovátky nebo podmásli koagulované kyselým způsobem, s nebo bez zahřívání s přidavkem malého množství syřidla. Dělí se na další podskupiny (A) a třídy (A1–A7). Do této skupiny by se daly zařadit výrobky jako tvaroh, Olomoucké tvarůžky, Riccota, Cottage. Druhá skupina „Formatica“ zahrnuje většinu typů sýrů. Všechny jsou produkovány pomocí syřidla a dále se dělí na šest podskupin (B–G) podle sušiny a délky zrání. Pro příklad podskupiny B a C zahrnují čerstvé sýry s krátkou dobou zrání, podskupina D měkké sýry s bílou plísní na povrchu. Třetí skupina „Miscellanea“ je heterogenní skupinou různých variací zahrnující uzené, nakládané sýry, sýrové analogy, sýry obsahující nemléčné ingredience a další [3].

Rozdělení sýrů podle způsobu zrání, konzistence a obsahu tuku v sušině zobrazuje Tabulka 1. Sýry jsou zde rozděleny do tří hlavních podskupin – přírodní, tavené a syrovátkové. Přírodní sýry se dále dělí na nezrající a zrající. Nezrající sýry buď nezrají vůbec nebo zrají pouze několik dní. Čerstvé sýry lze označit za čerstvé pouze tehdy, pokud nedochází k tepelné úpravě po prokysání za účelem prodloužení trvanlivosti. Termizované sýry prochází tepelnou úpravou. Mezi ně patří například sýr Lučina. Jestliže se po termizaci před balením chladí, vzniká výrobek s příjemnou lomivou texturou, pokud se balí za horka, dostáváme trvanlivější a roztíratelnější produkt. Mezi nezrající sýry patří i sýr Cottage. Ten se vyrábí z odtučněného mléka kyselým srážením. Přidává se jen malé množství syřidla pro podpoření srážení. Zrno se poté mísí se smetanovým dresinkem, který výrobku dává tučnou chuť. U zrajících sýrů dochází po prokysání k enzymatickým změnám. Ty vyvolávají enzymy z původního mléka, enzymy bakteriálních, případně plíšňových kultur a syřidlové enzymy. Zrání probíhá buďto v celé hmotě sýru (anaerobní) nebo od povrchu (působením povrchové mikroflóry – aerobní) [3,4].

Tabulka 1: Rozdělení sýrů podle způsobu zrání, konzistence a obsahu tuku v sušině [4]

Sýr		VVTPH [%]	tvS [%]
přírodní dle zrání			
nezrající	čerstvý		
	termizovaný		
zrající	zrající pod mazem		
	zrající v celé hmotě		
	s plísní na povrchu		
	s plísní uvnitř hmoty		
	dvoupříšňový		
	v solném nálevu, bílý		
přírodní dle konzistence (obsah vody v tukuprosté hmotě sýra)			
	extra tvrdý	$\leq 47,0$	
	tvrdý	47,0–54,9	
	polotvrdý	55,0–61,9	
	poloměkky	62,0–68,0	
	měkky	> 68	
přírodní dle tuku v sušině			
	vysokotučný		$\geq 60,0$
	plnotučný		$\geq 45,0$
	polotučný		$\geq 25,0$
	nízkotučný		$\geq 10,0$
	odtučněný		$< 10,0$
tavený dle tuku v sušině			
	vysokotučný		$\geq 60,0$
	nízkotučný		$\leq 30,0$
syrovátkový			

VVTPH – voda v tukuprosté hmotě sýra, tvS – tuk v sušině

2.2 Měkké sýry

Tato práce je zaměřena na sýry měkké, proto o nich bude v následujících kapitolách pojednáno podrobněji.

Měkké sýry obsahují, podle výše uvedeného rozdělení, více než 68 % vody v tukuprosté hmotě sýra. Jak vyplývá z názvu, vyznačují se měkkou konzistencí. Podle způsobu zrání se dělí na zrající a nezrající. Měkké zrající se vyrábějí za pomoci syřidla. Liší se ve způsobu zrání a použitými kulturami.

Nezrající měkké sýry jsou sýry tvarohové, smetanové, sýry typu Mozzarella a bílé sýry v solném nálevu. Bílé sýry se dělí na lisované (Akawi) a nalévané (Feta, Balkánský sýr). Jejich chuť a trvanlivost je dána vysokým obsahem soli. Sýry typu Mozzarella neboli pařené sýry (pasta filata) vznikají ohřevem syřeniny v horké vodě, čímž se vytvoří plastická hmota, která je následně prohnětena. [2,4,5].

Zrající typy procházejí krátkým obdobím zrání. Jde o rozsáhlou skupinu sýrů původem z Francie, Belgie a Německa [2,6].

2.2.1 Sýry zrající pod mazem

Zrání převládající směrem od povrchu do středu je společným rysem pro sýry s mazovou kulturou. Proteolytickou aktivitu zajišťuje především žluto-červená kultura bakterií *Brevibacterium brevis*. Skupina zahrnuje široký sortiment sýrů různých velikostí a tvarů. Většinou se jedná o sýry omývané. To znamená, že zrací kultury ve formě roztoku se nanáší na sýr pomocí kartáčů. Typickými představiteli jsou Romadur, dezertní sýr, Limburský sýr a další. V této skupině najdeme i Olomoucké tvarůžky, které se vyrábějí z kyselé vysráženého tvarohu z odstředěného mléka [2,4].

2.2.2 Plísňové sýry

Plísňové sýry se dělí na sýry s plísní na povrchu, které mají povrch pokrytý jemnou vrstvou bílého mycelia plísňové kultury *Penicillium camemberti* (Brie, Camembert, Hermelín) a sýry s plísní v těstě, které jsou charakteristické růstem *Penicillium roqueforti* v trhlínách po celém sýru [3,5].

2.2.2.1 Sýry s plísní na povrchu

Sýry s plísní na povrchu patří mezi měkké sýry. U sýrů vyráběných ze syrového mléka je povrchová mikroflóra mnohem komplexnější než u variant z mléka pasterizovaného. Kysací mezofilní kultury snižují pH sýru produkcí kyseliny mléčné. Plísňové kultury metabolizují kyselinu mléčnou a zároveň produkují amoniak rozkladem přítomných aminokyselin. Tím zvyšují pH povrchové vrstvy (bílý mycelium). Ke zvyšování pH také přispívají kvasinky katabolismem aminokyselin, pokud jsou přítomny. Kvůli zvýšení pH povrchu sýru dochází k významné migraci fosforečnanu vápenatého do povrchové vrstvy – ta u zralého sýru obsahuje až 80 % vápníku a 55 % fosfátu. Jako u všech sýrů i u plísňových má použité syřidlo vliv na vývoj textury. Avšak v porovnání s vlivem plísňové kultury je vliv syřidla minoritní. Plísňové sýry měknou od povrchu do středu. To není způsobeno proteolytickými enzymy plísní, ty difundují pouze několik milimetrů do sýru, ale rozložením pH a gradientu fosforečnanu vápenatého. Dochází k výraznému měknutí [3,6,7].

Mnoho sýrů s bílou plísní pochází z Francie. Jako první se na jejich povrchu objevují kvasinky rodu *Debaromyces* a *Kluyveromyces*. Současně začínají narůstat plísně *Geotrichum candidum*, nicméně ty mohou být limitovány množstvím soli. Nárůst mycelia plísní *Penicillium camemberti* je pozorovatelný po šesti až sedmi dnech zrání a postupně vytváří charakteristický povrch plísňových sýrů. Jakmile se povrch neutralizuje působením plísní (15–20 dnů od výroby), začínají na něm růst aerobní bakterie (mikrokoky a koryneformní bakterie), které před tím byly inhibovány nízkým pH [3].

2.2.2.2 Sýry s plísní v těstě

Pro sýry s plísní v těstě je charakteristická kultura *Penicillium roqueforti*, která narůstá uvnitř sýru v trhlínkách. Tyto sýry mívají jemnou strukturu a aroma, které způsobují methylketony (heptan-2-on, nonan-2-on). Ty produkují plísně lipolýzou za vzniku volných mastných kyselin v prvních krocích β -oxidace. Během zrání se pH zvyšuje, z 4,6–5,0 po formování až na 6,0–6,5 nebo vyšší u zralých sýrů [3].

Plísně *Penicillium roqueforti* potřebují pro svůj růst kyslík. Proto je při výrobě těchto sýrů potřeba jeho dostatečný přísun. Ten zajišťují otvory v těstě (nestlačování při lisování). Dále se využívá propichování sadou jehel, vzduch tak může proudit do jejich středu a oxid uhličitý produkovaný plísní může proudit ven. Lipolýza je zásadní pro vznik správného aroma. Pro podpoření správného průběhu se homogenizuje smetana, kterou se standardizuje výrobní mléko. Tím se zlepšuje funkce lipáz v mléce. Množství kysací kultury bývá nízké, někdy se využívá acidifikace mikroflórou přítomnou v mléce (pokud se nepasterizuje). Suspenze plísně se přidává buď do mléka nebo do syrového zrna. Sýry jsou soleny na sucho nebo smícháním soli s namletou sýreninou. Zrají při teplotách 9–12 °C a vysoké relativní vlhkosti. Během zrání jsou propichovány, otáčeny a jejich povrch se čistí, aby docházelo ke správnému nárůstu plísně. Zástupce sýrů s plísní v těstě je Roquefort, který se vyrábí ze syrového ovčího mléka, Gorgonzola, která je tradičním sýrem italského původu. Gorgonzola je zajímavá tím, že se liší způsobem produkce sýreniny z ranního a večerního mléka. České sýry s plísní v těstě reprezentuje Niva [3].

2.2.3 Sýry zrající v celé hmotě

Do této skupiny spadají i jiné než měkké sýry. Ze sýrů měkkých sem patří sýry zrající v chladu. Jejich zástupcem je sýr Bel Paese, z jehož technologie vychází český sýr Blatňácké zlato. Srážení probíhá za vysoké teploty 38 °C. Po odkapání chladnou a dále prokysávají. Sýry pak dále zrají pod zrací fólií při teplotě 6–8 °C po dobu 4–5 týdnů [5].

2.3 Technologie výroby měkkých sýrů

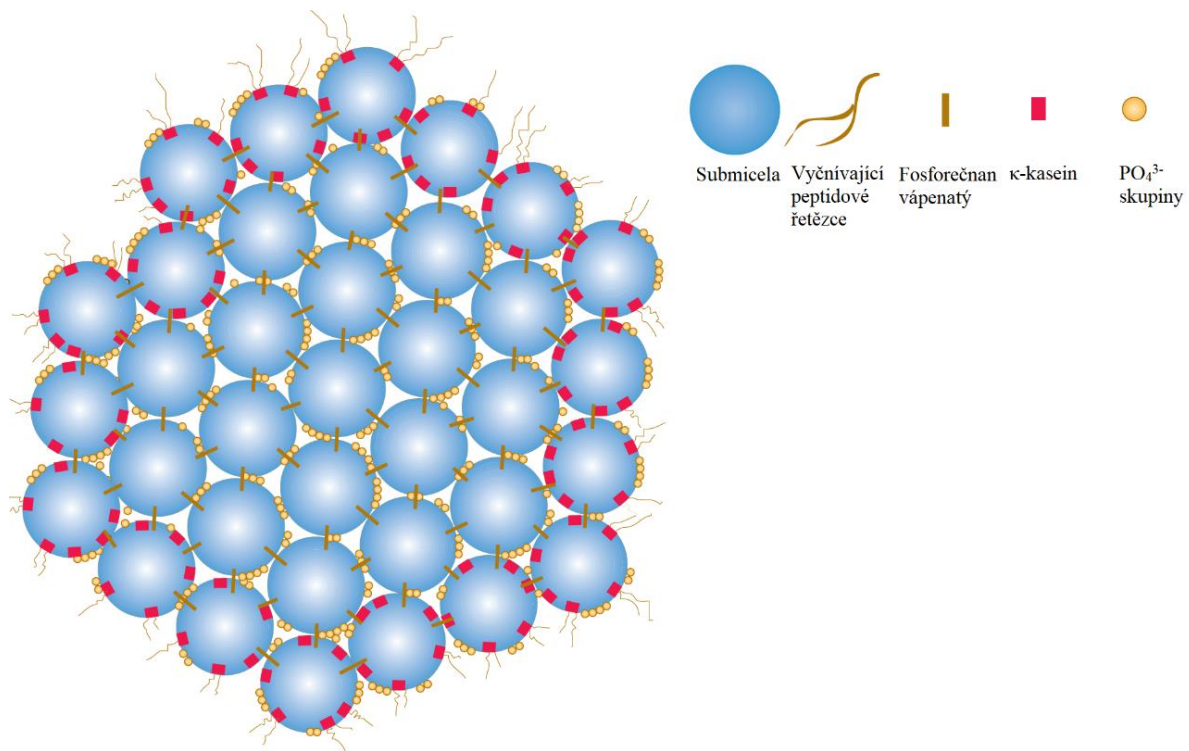
Moderní sýrařský průmysl se vyvinul z malovýroby, založené na existenční ekonomice zachování přebytku v časech nedostatku, ve vyspělé fermentační technologii. Ta se stala nedílnou součástí národního i nadnárodního potravinářského obchodu. Tento jev sám o sobě prokazuje ústřední význam sýru jako stabilní a všestranné potraviny, která existuje v mnoha různých podobách. Ve všech je schopna generovat ziskové podnikání, pracovní místa, výzvy pro vědu a technologii a přinášet příjemné smyslové zážitky [7].

2.3.1 Základní principy sýrařské technologie

V průmyslové výrobě existují dva základní cíle, které řídí celou technologii. Nadefinovat a nastavit parametry (výsledné i v průběhu produkce), které popisují vyrobený sýr (chuť, tvar, textura). A hlavně vytvořit výrobní a zrací postup, při jehož dodržování a přesném postupu reprodukuje nadefinované parametry. Tak získáme standardní výrobek, který si uchová požadované vlastnosti bez ohledu na vnější faktory a zákazník nerozezná rozdíl mezi šaržemi.

Výroba sýru je principiálně jednoduchý proces, ovšem zahrnuje komplexní chemické a fyzikální postupy. Sýr je vlastně koncentrovaný gel bílkovin, který obsahuje tuk a vlhkost. Jde tedy o proces koncentrování začínající koagulací kaseinu, pokračující úpravami vysráženého gelu, zráním a balením [9].

Základem každé výroby sýru je vysrážení gelu tvořeného mléčnou bílkovinou – kaseinem. Kasein je skupinový název dominantních bílkovin v mléce. Díky vysokému množství ionizovaných skupin a hydrofilních i hydrofobních míst tvoří kasein velmi speciální molekulární polymery. Polymery se skládají ze stovek až tisíců jednotlivých molekul a tvoří koloidní roztok. Tyto polymery nazýváme kaseinové micely. Jednotlivé typy kaseinů tvoří submicely, které se shlukují do micel. Zjednodušené schéma submicely a micely ukazuje Obrázek 1. Na povrchu submicel se nachází molekuly hydrofilního κ -kaseinu, který obklopuje hydrofobní jádro (α ₁-kasein, β -kasein, γ -kasein) a celá molekula je tak solvatována. Jednotlivé typy kaseinu mají společné to, že jedna ze dvou aminokyselin má hydroxylovou skupinu esterifikovanou kyselinou fosforečnou. Ta váže vápník, hořčík a některé z komplexních solí a vytváří vazby mezi molekulami. Submicely se shlukují v micely spojené těmito vazbami, interakcemi mezi fosfátovými zbytky a stabilizované disulfidickými vazbami [9].



Obrázek 1: Schéma kaseinové micely [upraveno podle 9]

2.3.1.1 Koagulace kaseinu

Koagulace kaseinu je nepostradatelným krokem výroby všech druhů sýru. Cílem koagulace je vytvořit dostatečně hustý gel, který zachytí tuk a jiné látky. Kasein se dá z mléka vysrážet třemi způsoby [7].

První způsob, který se používá pro většinu sýrů, spočívá v přidání koagulačních enzymů – tzv. syřidla. Enzymy svojí proteolytickou aktivitou narušují strukturu κ -kaseinu, tedy solvatační obal micel. Tím destabilizují kaseinovou koloidní suspenzi micel, které začnou agregovat a vytvoří gelovou síť. Typ a kombinace syřidel má zásadní dopad na kvalitu výsledného výrobku. Původní syřidla byla získávána z žaludků sajících telat. Hlavním enzymem v těchto syřidlech je chymozin a malé množství pepsinu. Nicméně omezené zdroje těchto syřidel, společně s rostoucí produkcí sýrů po celém světě, vedly k rozšíření využití jiných zdrojů. Především hovězí a vepřové pepsiny a kyselé proteázy produkované plísněmi *Rhizomucor miehei* (méně často *R. pusillus* nebo *Cryphonectria parasitica*) přináší víceméně podobné výsledky. V praxi se pepsiny kombinují s chymozinem, protože samotné mají řadu nevýhod – delší doba syření, malá tuhost syřeniny, aktivita v kyselejší oblasti pH. Gen produkující telecí chymozin byl naklonován u kvasinky *Kluyveromyces lactis*, bakterie *E. coli* a plísní *Aspergillus niger*. Takto vyprodukovaný chymozin se dnes široce využívá. Kvasinky rodu *Kluyveromyces lactis* produkují čistý přírodně identický chymozin. Rostlinná syřidla se v průmyslové výrobě nevyužívají. Lze je získat např. ze svízele syřišťovéhoho. Využití různých syřidel v praxi uvádí Tabulka 2 [7,8,10].

Tabulka 2: Různé typy syřidel a jejich využití [10]

Syřidlo	Sýr
chymozin a genově klonovaný chymozin, obsah chymozinu min. 75 %	všechny typy sýrů, nejvhodnější pro sýry s dlouhou dobou zrání
syřidlo z hovězích slezů, chymozin 50–75 %	všechny typy sýrů a tvarohů
směs hovězího pepsinu a chymozinu v poměru 75–25 %	měkké a nízkodohříváné sýry
vepřový pepsin	měkké sýry a tvarohy
mikrobiální syřidla produkovaná <i>Rhizomucor miehei</i>	všechny typy sýrů, mimo sýry zrající nad 6 měsíců
mikrobiální syřidla produkovaná <i>Mucor pusillus</i>	výroba Čedaru s kratší dobou zrání
mikrobiální syřidla produkovaná <i>Endothia parasitica</i>	pouze pro výrobu vysokodohříváných sýrů Emental, Sbrinz, Gruyere
kuřecí pepsin, max do 30 % z celkové koagulační aktivity	pro nízkodohříváné sýry zrající při teplotě pod 12 °C

Druhý způsob, který se používá pro sýr Cottage a tvarohy, je acidifikace neboli využití nízkého pH k vysrážení kaseinu. Nízké pH (4,6) snižuje rozdíly mezi odpudivými náboji kaseinových micel do bodu, kdy začnou agregovat a tvořit gel nebo sraženinu [7].

Třetím způsobem je kombinace nízkého pH a vysoké teploty, kdy dochází ke srážení kaseinových i syrovátkových bílkovin a vzniká sraženina. Tento způsob se využívá například pro sýr Ricotta [7].

2.3.2 Sběr a transport mléka

Na středních a větších farmách se k dojení používají automatická dojící zařízení, která sají mléko pomocí vakua. Přístroj se skládá z vakuové pumpy a vakuové nádoby, která zároveň slouží ke sběru mléka, strukových násadců spojených hadicemi k vakuové nádobě a pulsátoru, který na strukové násadce střídavě aplikuje vakuum a atmosférický tlak [9].

Mléko opouští vemeno při teplotě okolo 37 °C. Čerstvé mléko od zdravé krávy neobsahuje prakticky žádné patogenní bakterie. Přesto musí být ochráněno před kontaminací během dojení i okamžitě po nadojení. Mikroorganismy schopné kazit mléko jsou všudypřítomné – nacházejí se na vemeni, na rukách obsluhy, na prachových částicích a vodních kapkách přenášených vzduchem. I přes všechna preventivní opatření je nemožné bakterie z mléka zcela odstranit. Mléko je skvělé médium pro jejich růst. Obsahuje veškeré živiny, které potřebují. Takže ihned po tom, co se bakterie dostanou do mléka, začínají se množit. Na druhou stranu čerstvé mléko přirozeně obsahuje baktericidní látky, které ho v počáteční fázi chrání proti působení nežádoucích bakterií [9].

Mléko by ihned po tom, co opustí vemeno krávy, mělo být schlazeno na teplotu 4 °C. Jinak hrozí rychlé kažení mikroorganismy, které se nejrychleji rozmnožují při teplotách okolo 37 °C. Nižší teploty jejich růst zpomalují. Při teplotě 4 °C je jejich aktivita velmi nízká. Nicméně bakterie se začnou opět rychle množit, pokud teplota mléka při skladování vzroste. Proto je důležité udržovat mléko dobře zchlazené. [9].

Na velkých farmách a ve sběrných střediscích musí být velký objem mléka rychle ochlazen z 37 na 4 °C. Chladicí zařízení ve velkých nádržích není dostatečné. Nádrž se používá hlavně k udržování požadované skladovací teploty. Hlavní část chlazení se provádí ve výměnících tepla souběžně s dodávacím potrubím [9].

Svozový plán udává dobu přejímky syrového mléka. Přejímku provádí proškolený řidič cisterny, který při přejímce mléka kontroluje množství, teplotu a kyselost mléka. Problémy s kvalitou mohou nastat, jestliže intervaly mezi sběry jsou příliš dlouhé. Psychrotrofní mikroorganismy se mohou reprodukovat a růst při teplotách nižších než 7 °C. Vyskytují se především v půdě a ve vodě, proto je důležité, aby voda pro sanitaci měla vysokou bakteriologickou kvalitu. Po aklimatizačním období, které trvá 48–72 hodin, jejich růst přechází do intenzivní logaritmické fáze. To má za následek rozklad tuků a bílkovin, což může ohrozit jakost produktů vyrobených z tohoto mléka. Tento jev musí být zohledněn při plánování sběru [9,10].

Mléko z nemocných zvířat a mléko obsahující antibiotika nebo sediment nesmí být mlékárnou přijato. V cisternách je mléko z různých farem, jedná se tedy o směs mlék. S mlékem farmy posílají i bazénové vzorky, které se nemíchají dohromady, aby byl každý vzorek dohledatelný. V příjmové části mlékárny probíhá příjem mléka.

V zemědělské laboratoři se kontroluje teplota mléka a přítomnost reziduí inhibičních látek (RIL) ze vzorku z cisterny. Pokud jsou nalezeny inhibiční látky, dohledávají se pak i v bazénových vzorcích, aby se identifikoval zdroj [9,10].

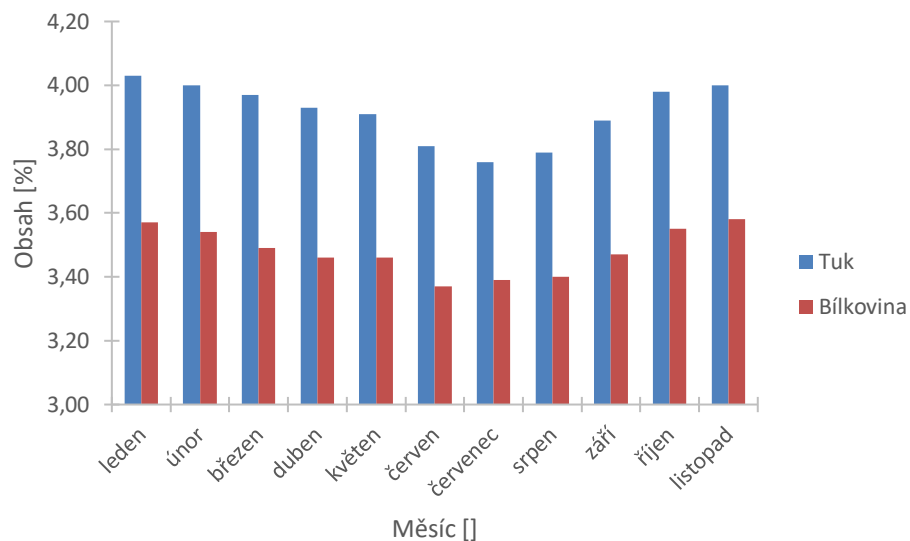
2.3.3 Standardizace mléka

Předpokladem k produkci sýrů s konstantním složením a vlastnostmi je výroba ze standardizovaného mléka. Každý sýr vyžaduje určitý standard mléka, jehož složení závisí na technologii a výstupních parametrech. Sledovanými parametry jsou především tuk, bílkoviny, sušina a laktóza. Především tuk a bílkovina se během roku v mléce mění, což je vidět v Grafu 2, proto je jejich obsah potřeba standardizovat. Standardizace je úprava složek mléka na předem stanovené hodnoty. Pokud složení mléka není konstantní, nemůže být zajištěna výroba standardních sýrů ani při přesném dodržení technologie a režimu zrání. Složení mléka se mění různými vlivy (počasí, strava dojnice, plemeno). Obsah tuku se upravuje mícháním mléka se smetanou, která se získává centrifugací. Obsah bílkovin se upravuje ultrafiltrací (ukázka membránového filtru na Obrázku 2), kdy se k mléku přidává retentát [7].

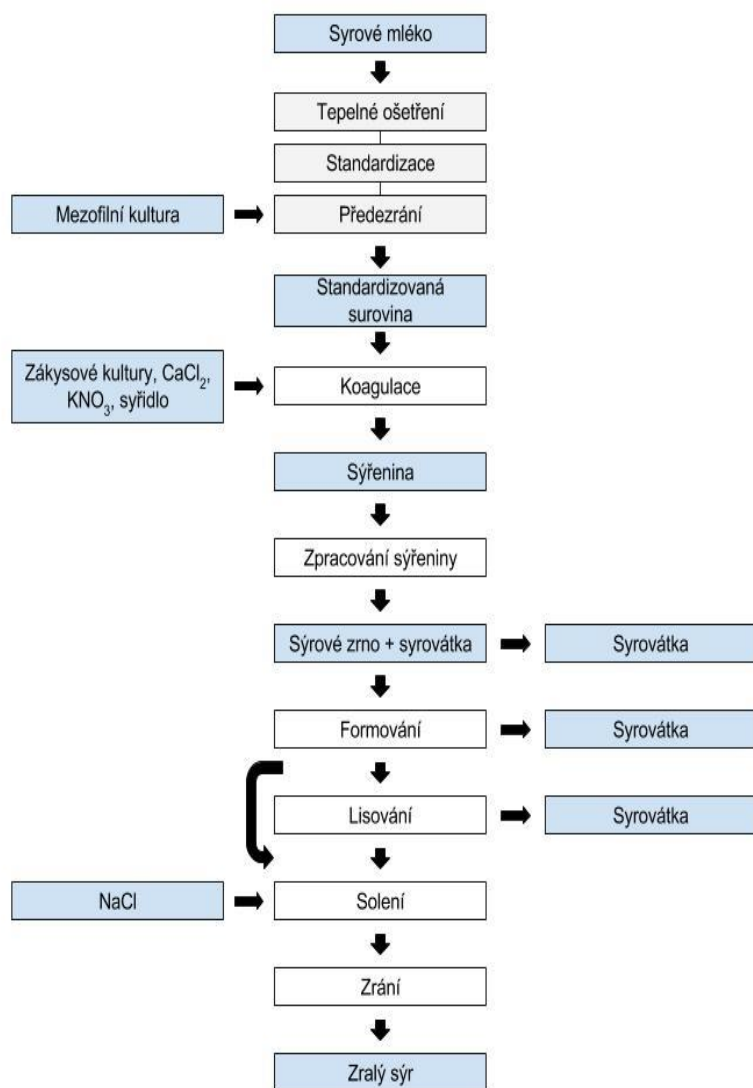


Obrázek 2: Náplň membránového filtru [15]

Poměr kaseinu k tuku (C/F) určuje složení sýru podle množství tuku v sušině sýru, tj. tuk v sušině (TVS). Celkové množství kaseinu a tuku zčásti určuje výnosový potenciál mléka. Poměr C/F je důležitý parametr v technologii (práce s koagulátem a zrnem) a dá se upravovat pomocí ultrafiltrace. Všechny další možné úpravy mléka jako filtrace, homogenizace, deaerace, baktofugace a jiné zde nebudou rozebírány, neboť nejsou pro výrobu nezbytné. Samotná výroba sýrů začíná základním ošetřením mléka dle platné legislativy, poté následuje standardizace. Na Obrázku 3 je zjednodušený diagram obecného postupu výroby [7].



Graf 1: Obsah tuku a bílkovin v mléce v závislosti na ročním období [vytvořeno podle 11]



Obrázek 3: Obecné schéma výroby sýrů [upraveno podle 5]

2.3.4 Přídavek mikrobiálních kultur

Kysací kultura neboli „starter“ je kyselinotvorná bakteriální kultura, která metabolizuje laktózu za vzniku kyseliny mléčné. Tím dochází ke snížení pH v mléce. Při výrobě zrajících sýrů se také přidávají kultury zrací, které ovlivňují chuť, aroma a texturu sýru. Jde o specifické mikroorganismy, které se nepoužívají k okyselení, ale k produkci aromatických sloučenin a plynů [7].

Snížení pH zvyšuje aktivitu syřidla, zvyšuje rychlost synereze, zpomaluje růst některých bakterií (včetně některých patogenů) a způsobuje rozpuštění koloidního fosforečnanu vápenatého z kaseinu. Vlivem snižování pH zpočátku roste odpor mezi náboji kaseinových molekul, poté ale klesá, když se pH přiblíží izoelektrickému bodu kaseinu. Obě tyto události mají velký vliv na chemii kaseinové sítě, především mobilitu kaseinových molekul a konečnou konfiguraci agregujících micel. To ovlivní fyzikální vlastnosti sýru jako pevnost, hladkost, pocit v ústech, a dokonce i barvu [7].

Výběr kysacích kultur pro výrobu sýrů se řídí tradicí, požadovanou chutí a rozsahem a rychlostí vývoje kyselosti požadované během výroby a v hotovém sýru. Kmeny se liší svojí citlivostí na sůl, teplotu a pH, čehož se také využívá. Kultury pokračují ve fermentaci laktózy, dokud tomu nezabrání podmínky uvnitř sýru (vysoká koncentrace soli, nízké pH, nízká teplota). Někdy se při výrobě zařazuje druhá pasterace, která má inaktivovat kysací kultury, aby nedocházelo k postacidifikaci, nebo tzv. diafiltrace, kdy se ke standardu mléka přidává voda, aby se laktóza naředila. Postacidifikace je nežádoucí jev, který způsobuje kyselost sýrů a změnu barvy kůrky, takže je snaha se jí vyhnout [7].

Mezofilní kmeny jsou obecně odolnější vůči solím než termofilní kmeny. Mezofilní kmeny s vyšší pravděpodobností zkvašují zbytkovou laktózu při skladovacích teplotách (8–12 °C).

Množství kysacích kultur přidaných do mléka závisí na míře a rozsahu vývoje kyselin a podmínek množení kultury. Při velkoobjemové produkci je žádoucí, aby rychlost vývoje kyselin byla předvídatelná. To umožňuje výrobcům standardizovat celý protokol. Nicméně během produkce může docházet ke špatnému vývoji pH. Důvodem mohou být např. bakteriofágy, které napadají bakterie a tím zpomalují produkci kyseliny mléčné. Dochází k tomu při častém využívání stejné směsi kultur. Řešením je rotace těchto směsí, aby se fágy musely neustále přizpůsobovat novému hostiteli. Parametrů je však mnohem více, mimo jiné nedodržení podmínek jako teploty, času a jiných. [7].

2.3.5 Koagulace mléka a krájení sýřeniny

Koagulace začíná přidávkem syřidla do výrobního mléka. Mléko se dávkuje do výrobních nádrží (např. vana na Obrázku 4) společně se syřidlem, případně dalšími ingrediencemi.

Během koagulace tvoří kaseinové micely síť tenkých vláken a malých agregátů. Prostor mezi vlákny je vyplněn syrovátkou. Mezery nebo póry mezi vlákny jsou zpočátku malé, tomuto komplexu se říká měkké koagulum. Síť se vyvíjí kolem tukových globulí, které jsou v porovnání s micelami a jejich agregáty obrovské. Jak pokračuje koagulace, vlákna se formují do velkých, propojených agregátů a póry mezi nimi se zvětšují. To se nazývá hrubé koagulum. Jemné koagulum má měkkší strukturu než hrubé, protože mezi micelami je menší interakce. V jemném koagulu existuje značný potenciál pro nové interakce, který je při krájení realizován a kaseinové micely pokračují v agregaci nebo mezi sebou dále interagují. Krájení probíhá pomocí harf, které projíždějí skrz gel a tím ho rozkrájí na malé kostičky. Příklad ručního krájení lze vidět na Obrázku 5. Dnes se už využívá i krájení pomocí robotického ramene. Sýrové zrno (vzniká po nakrájení gelu) se rychle smršťuje (zejména na povrchu) a vylučuje velké množství syrovátky. Sýrovátka je uvězněna uvnitř zrna, ale může být vytlačena. Na řezné ploše jsou částice tuku, které jsou příliš velké, aby mohly být zachyceny nebo obklopeny sítí kaseinu a unikají do syrovátky. Při malém vytužení zrna nebo příliš intenzivním míchání se může sýrové zrno dále rozpadat na menší částičky tzv. sýrový prach. Při procesu formování prach netvoří se zrnem sýrovou hmotu, protože jeho částice jsou příliš malé a odcházejí do syrovátky. To reprezentuje ztráty ve výtěžnosti. Po krájení se ztrácí i tukové globule na nově exponovaném povrchu, ale vyvíjí se nový povrch, i když pomaleji. Těsně po krájení, než se obnoví povrch zrna, je sýrové zrno náchylné k rozpadu a nesmí se začít s mícháním příliš brzy po nakrájení. Pak by mohlo docházet k větším ztrátám do syrovátky. Koagulum musí mít optimální tuhost, než se začne krájet. Nesmí být příliš jemné ani příliš tuhé. Tuhost se stanovuje experimentálně. Optimální tuhost se u různých druhů sýru liší. Díky manipulaci s tuhostí se dá v technologii dosáhnout různých výsledků. Například u sýrů se sníženým obsahem tuku se vyplatí krájet koagulum tužší a tím mít větší ztráty tuku do syrovátky. Vyšší tuhosti koagula lze dosáhnout několika způsoby. Přidáním syřidla do mléka o nižším pH (při nízkém pH je srážení kaseinu samo o sobě více podporováno a zrno je vytuženější), zvýšením obsahu kaseinu ve standardu mléka, zvýšením teploty srážení a prodloužením doby mezi přidáním syřidla a krájením [7].

Dalším parametrem je velikost částiček zrna, na které je koagulum krájeno. Čím menší jsou pokrájené částičky, tím větší plocha je vystavena okolí a tím více uniká tuk. Dochází také k větším ztrátám syrovátky ve srovnání s většími kusy. Větší zrno má zase větší pravděpodobnost rozbití během míchání. Sýry s vyšší sušinou se vyrábí ze zrna, které vzniklo z jemného koagula pokrájením na menší částičky a sýry s nižší sušinou (měkké sýry) naopak z hrubého koagula pokrájením na větší částice [7].

V mléce s nižší poměrem C/F nebo s nízkým obsahem kaseinu se tvoří agregáty dále od sebe. Vzniká jemnější a slabší koagulum, které potřebuje delší čas před krájením a šetrnější míchání. V opačném případě vyššího poměru C/F nebo vysokého obsahu kaseinu sraženina rychleji tuhne [7]



Obrázek 4: Příklad výrobních nádob [12]



Obrázek 5: Ruční krájení syřeniny [7]

2.3.6 Míchání, zahřívání a synereze

Po nakrájení se syřenina dále míchá a zahřívá. Použitá kultura pokračuje v produkci kyseliny mléčné a kombinace míchání, zahřívání a snižování pH má významný vliv na vlhkost (synerezi) a rozpouštění fosforečnanu vápenatého. To zásadně ovlivňuje charakter sýru. Koloidní fosforečnan vápenatý je hlavním pufrem v mléce a sýru. Jeho odstranění během výroby (příliš nízké pH, tj. 6,2 při přidání syřidla) zvyšuje pravděpodobnost vývoje nízkého pH (5,0) v sýru [7].

Většina vody v sýru je mobilní. To znamená, že není vázána na kasein nebo jiné sloučeniny, ale je mechanicky zachycena v kaseinové síti. Synereze je přeskupení molekul kaseinu, což má za následek utažení kaseinové sítě. Nakonec dochází k vytlačování vlhkosti z kaseinové sítě. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující synerezi patří:

- Teplota
- Pokles pH po krájení (rychlost vývoje kyselin)
- Tlak

Čím větší je pokles pH po krájení koagula, tím více syrovátky bude vytlačeno – tím vyšší bude výsledná sušina (pokud se neprovedou další úpravy). Čím vyšší teplota při ohřevu sýřeniny po nakrájení, tím opět vyšší sušina. Dalším faktorem je působení tlaku na sýřeninu, které vzniká během míchání. Malá rychlost, vysoká intenzita aplikovaného tlaku a dlouhé trvání tlaku zvyšují množství vyloučené syrovátky. Samozřejmě čím více a častěji se sýřenina míchá, tím více syrovátky zrno uvolňuje a tím bude výsledná sušina vyšší. S ochlazením sýřeniny se synereze naopak zpomaluje. Jedním krokem ke zvýšení vlhkosti v sýru může být přidání studené vody k sýřenině. Sýřenina s nižším pH (5,0–5,3) reabsorbuje vlhkost. Suché solení také snižuje vlhkost [7].

2.3.7 Formování a odstranění syrovátky

Formování sýrů spočívá v přesunu sýrového zrna z výrobní nádoby (vana, kád', tank) do forem, automaticky nebo manuálně. Příklad manuálního formování je vidět na Obrázku 6. Zrno je přiváděno z van potrubím na rampu. Zde dochází k částečnému odtoku syrovátky a následně na výrobní linku, kde je manuálně roztíráno do forem s nástavci. Takovýchto provedení existuje celá řada. Při manuálním formování lze nastavit různé parametry, které mohou mít zásadní vliv na výslednou hmotnost sýru. Některé z těchto parametrů byly zkoumány v praktické části diplomové práce [7].

Způsob, jakým je syrovátka oddělena od sýrového zrna, může hrát roli v textuře sýru, stejně jako může ovlivnit barvu a chuť. U měkkých sýrů se syrovátka odděluje od zrna v perforovaných formách. Během formování odkapává velký podíl syrovátky. Další separaci se napomáhá lisováním, u některých měkkých sýrů lisováním vlastní vahou pomocí otáčení forem. Otáčením se podpoří další oddělení syrovátky. Formy se otáčejí periodicky v různých intervalech, aby došlo k dobrému odkapu syrovátky a vzniku hladkého povrchu sýru. Sýřenina musí být při formování teplá, aby došlo ke správnému spojení povrchu. Někdy se používá opláchnutí horkou vodou k zajištění hladkého povrchu. Pokud je zrno formováno při vysokém pH, a to postupně klesá, dutiny, které mohou při formování vznikat, budou mnohem menší nebo téměř žádné. Bez správného poklesu pH dutiny zůstávají. Na vznik dutin má vliv i způsob formování (manuální nebo automatické). Sýry zůstávají ve formách, dokud není dosaženo požadovaného pH a sušiny. Poté jsou vyformovány a soleny [7].



Obrázek 6: Manuální roztírání sýrového zrna [12]

2.3.8 Solení

Pokud se sůl nepřidává přímo do sýřeniny před lisováním, probíhá solení po vyformování sýrů. Solí se ponořením sýru do solné lázně nebo suchým solením na povrchu.

Při suchém solení prochází sýr solícím zařízením, které je ukázáno na Obrázku 7, pomocí dopravního pásu a na jeho povrch je nanášena sůl pomocí trysek a solícího válce. Při suchém solení se na povrchu sýru vytváří kůrka. Ta má nízkou vlhkost, vysoký obsah soli a kaseiny zde tvoří velmi hustou síť. V některých případech může být část tuku vytlačena a povrch je mastný. Může docházet k osychání sýrů na povrchu, když takto nasolené sýry zrají ve sklepě s nízkou vlhkostí. Nicméně kůrka zpomaluje ztrátu vlhkosti ze zbytku sýra a vnitřek nemusí být příliš vysušený [7].

Sůl postupně difunduje dovnitř těsta a vytváří gradient. Vlhkost je přitahována k povrchu s vysokým obsahem soli. Pokud má sýr vysokou vlhkost a zároveň je vakuově zabalený, vnější vrstva se stává velice měkkou, protože vlhkost neuniká. Naopak pokud je sýr špatně zabalen, může osychat. Tímto způsobem může být ovlivněna textura. Obsah soli má také důležitý (ať už pozitivní nebo negativní) efekt na zrání. Aktivita vody hraje zásadní roli v enzymatické a mikrobiologické aktivitě. Vysoký obsah soli může inhibovat růst některých mikroorganismů a tím podpořit růst jiných druhů [7].



Obrázek 7: Solicí zařízení pro suché solení [12]

2.3.9 Zrání

Cílem zrání je převést čerstvé sýry, (které se u jednotlivých druhů příliš neliší), na sýry s typickým vzhledem, chutí, aroma a texturou. Ke změnám dochází ze dvou důvodů. Jednak díky odlišné technologii, a především různým mikrobiálním kulturám, které metabolizují přítomné živiny na metabolity. Ty utváří charakter výsledného sýru. Výše (kapi. 2.3.4) jsou zmíněny dva typy kultur, kysací a zrací. Kysací hlavně upravují pH prostředí sýru, zrací hrají hlavní roli při zrání [7,14].

Změny způsobené odlišnou technologií jsou myšleny ve smyslu různých stupňů demineralizace a hodnot pH, které následně ovlivňují proteolýzu při sýření, agregaci a tím i formování gelu, takže i strukturu a složení sýřeniny (peptidy), což je substrát pro další kultury. Navíc zbytkové syřidlo v sýru je klíčovým proteolytickým enzymem počáteční proteolýzy [7].

V celé technologii, až po zrání, jde především o fermentaci, kdy kysací kultury svojí produkcí kyseliny mléčné mění pH sýru. Při procesu zrání se navodí ideální podmínky (teplota, vlhkost) pro zrací kultury. Ty vytváří aromatické a chuťové látky, které utváří charakter sýru.

Některé zrací kultury se přidávají do mléka, jiné se mohou nanášet na povrch (kultivace plísní) nebo jako omývací roztok bakterií a kvasinek [14,15].

Při zrání se uplatňují tři důležité metabolické dráhy: metabolismus zbytkové laktózy, laktátu a citrátu, lipolýza a metabolismus mastných kyselin a proteolýza a katabolismus aminokyselin. Primární reakce jsou zodpovědné především za texturu, chuť a aroma je pravděpodobně vytvářeno úpravou produktů primární reakce [14,15].

Zrání probíhá ve zrácích sklepích. To jsou speciální místnosti s klimatizační jednotkou, které udržují požadovanou teplotu a vlhkost v místnosti. Měkké sýry zrají 6–10 dní při 10–15°C a relativní vlhkosti 80–100 %.

2.4 Procesy ovlivňující tvorbu sýřeniny

Nezbytnou součástí výroby sýrů je přeměna mléka na tuhý materiál (sýřenina), který obsahuje kasein a tuk z mléka, ale vyloučí velkou část vody a syrovátkových bílkovin a část laktózy. Toho je dosaženo koagulací kaseinu v mléce po přidání syřidla a následnou synerezí gelu. Sraženina tvoří základ, který je dále zpracováván krájením a mícháním až vznikne sýrové zrno, které se formuje do forem. Tvorba sraženiny v sýrařských výrobních je významný proces pro řízení struktury, obsahu vlhkosti a reologických vlastností sýru, a tím nepřímo ovlivňuje i hmotnost sýra [7].

Tvorba sýřeniny je proces, který začíná agregací, pokračuje vytvářením gelu, krájením, mícháním, synerezí a končí formováním.

2.4.1 Některé faktory ovlivňující agregaci

Agregací je myšleno spojování kaseinových micel ve větší celky, tzv. agregáty. Ty se různě spojují, přeskupují a tvoří mřížku neboli gel.

Koncentrace syřidla

Rychlost enzymatické hydrolýzy κ -kaseinu je úměrná množství přidaného syřidla. Koncentrace syřidla sama o sobě neovlivňuje rychlost agregace. Ta je určována četností a podílem srážek vedoucích k vazbám a agregaci a nazývána účinnost kolizí. Podle tzv. energetického bariérového modelu závisí účinnost na množství hydrolyzovaného κ -kaseinu. Proto koncentrace syřidla ovlivňuje agregaci nepřímo. Pokud se změní koncentrace syřidla, změní se množství κ -kaseinu, který byl hydrolyzován. Změna koncentrace syřidla naruší rovnováhu mezi četností hydrolytických a agregáčnických reakcí. Vyšší koncentrace způsobí vyšší stupeň hydrolýzy kaseinu před tím, než agregace může dosáhnout stejného stupně, jako při nižší koncentraci [7].

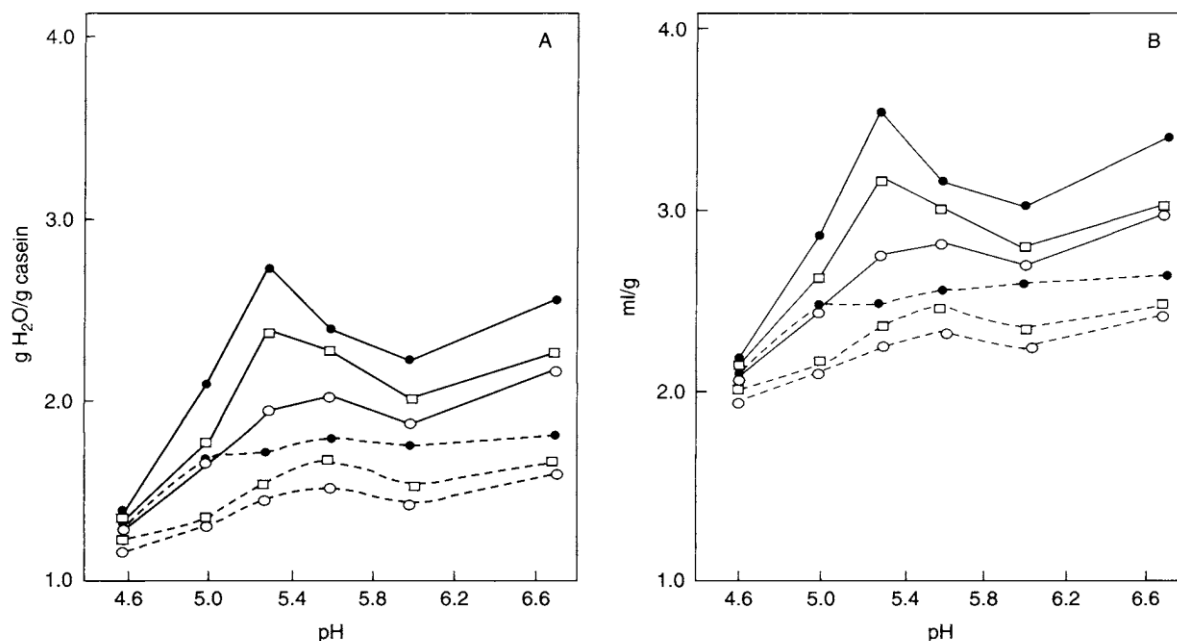
Koncentrace kaseinu

Kolizní frekvence při agregaci je závislá na koncentraci částic a rychlost agregace je úměrná čtverci koncentrace. Stejně jako změna rychlosti enzymatické reakce změnou koncentrace syřidla také změna rychlosti agregace změnou koncentrace kaseinu ovlivní rovnováhu mezi těmito dvěma ději [8,16,17].

pH mléka

Hodnota pH silně ovlivňuje sýření, především rychlost enzymatického rozkladu κ -kaseinu. Velikost pH také ovlivňuje strukturu micel. Při nižším pH je fosforečnan vápenatý disociován z micel, a při zhruba pH 5,7 se ztratí polovina obsahu vápníku, který by byl přítomen při pH 6,7, do séra. Disociace kaseinu z micel je nejvyšší při pH 5,6 [7;8].

Z Obrázku 8 je vidět, že při kombinaci syřidla a sníženého pH dochází k nižší solvataci kaseinu vodou, což znamená, že se ho více vysráží [7;16].



Obrázek 8: Solvatace (A) a objemová hmotnost (B) kaseinu ve třech vzorcích mléka při 30 °C během acidifikace (—) a při acidifikace v kombinaci se syřidlem (---) [8]

Teplota

Mléko se nebude srážet při teplotě pod 15 °C. Důvodem je neúčinnost agregace, zatímco enzymatická hydrolýza stále pokračuje při nízké teplotě. S rostoucí teplotou roste i rychlost agregace, protože zvýšení teploty vede ke zvýšení kolizní frekvence [7].

Ionty

Vápník se přidává do mléka ve formě CaCl₂, což vede ke zrychlení enzymatické i agregační reakce. Částečně je to způsobeno snížením pH. Pokud je snížení pH kompenzováno, rychlost enzymatické reakce nebude ovlivněna. Efekt je nejvyšší při nízkých teplotách a nejnižší při vysokých teplotách, kdy účinnost kolize dosahuje maxima. Hlavním účinkem vápenatých iontů je pravděpodobně snížení náboje vazbou na kasein, i když se spekuluje, že vápenaté ionty mohou hrát specifitější roli [7,16,17].

2.4.2 Formování gelu

Doba, po které jsou agregáty dostatečně velké, viditelné pouhým okem, se nazývá doba flokulace nebo koagulace (sýření). Krátce nato se vytvoří trojrozměrná síť, gel. Pevnost gelu se zvyšuje po dobu několika hodin po jeho vytvoření v závislosti na podmínkách. Zároveň dochází ke změnám v mikrostruktuře gelu. Síť se stává hrubší s většími póry a silnějšími vlákny [7].

Během tuhnutí gelu se stále více a více kaseinových micel začleňuje do sítě, zvyšuje se počet vazeb a volných vláken, které jsou k síti připojeny pouze jedním koncem a s ostatními konci mohou přijít do kontaktu s jinými vlákny. Také se zdá, že micely se postupně spojují dohromady, což posiluje vazby. Takové změny lze pozorovat po agregaci, poté co byl vytvořen gel. Předpokládá se, že jsou důvodem změn ve struktuře gelu a zvýšení tuhosti [7;18].

2.4.3 Reologické vlastnosti sladce sráženého gelu

Gely vysrážené pomocí syřidla vykazují lineární viskoelastické vlastnosti, tj. deformace je úměrná aplikovanému napětí. Při větších deformacích dochází k poškození struktury gelu [7;19].

Mezi faktory ovlivňující reologické vlastnosti patří:

Koncentrace syřidla

Množství přidaného syřidla do mléka má velký vliv na celý proces srážení a tvorbu gelu. Zvýšená koncentrace vede ke zkrácené době flokulace, gel tuhne rychleji a ve větším rozsahu. Kromě toho koncentrace syřidla pravděpodobně ovlivňuje strukturu počátečních agregátů [7].

Teplota

Změna teploty tvorby gelu ovlivňuje rychlost enzymatické i agregační reakce. Také zvyšuje počáteční rychlost tuhnutí gelu. Při teplotách nad 40 °C se rychlost tuhnutí snižuje, kvůli inaktivaci chymosinu. Změní-li se teplota gelu od teploty formování, změní se i tuhost gelu tak, aby opět bylo dosaženo rovnováhy. Snížení teploty vede ke zvýšení tuhosti a naopak. Změna je nejrychlejší při vyšších teplotách a je reverzibilní pro gely, které dosáhly maximální tuhosti [7;18;20].

pH mléka

Hodnota pH při sýření silně ovlivňuje vlastnosti vzniklého gelu. Snížení pH při konstantním množství syřidla vede k rychlejší koagulaci (kratší doba koagulace) a rychlejšímu tuhnutí gelu [7].

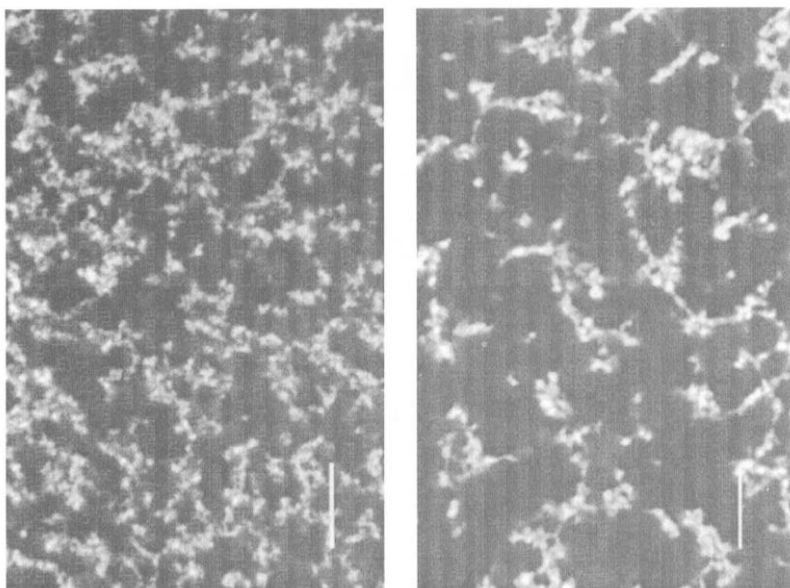
Mechanismus souvisí s ideálním pH prostředí proteolytického enzymu (syřidla). Maximální tuhosti je dosahováno okolo pH 6,3, při nižších hodnotách tuhost opět klesá. Snížení pH vede ke snížení záporného náboje kaseinů, což může podporovat agregaci a tvorbu vazeb. Na druhou stranu podporuje rozpouštění fosforečnanu vápenatého z kaseinových micel, což opět vede ke zvýšení záporného náboje [7].

Chlorid vápenatý

Přidáním chloridu vápenatého do mléka se zkracuje doba koagulace. Vápenaté ionty podporují agregaci a stabilizují vznikající síť, takže se do určitého bodu zvyšuje i tuhost.

2.4.4 Synereze

V průběhu celé výroby se ze sýřeniny i naformovaného sýra uvolňuje syrovátka. Tento jev se nazývá synereze. Vzniká v důsledku smršťování, a hlavně změnou uspořádání, kaseinové sítě, čímž dochází k vytlačování vody (syrovátky) ven ze sýra. Micely vlastně tvoří větší agregáty, které se různě propojují a tím lokálně zvyšují svoji hustotu. Avšak v rámci celého gelu se hustota sníží. Tento jev je dobře vidět na Obrázku 9. Ten ukazuje kaseinovou síť po jedné a osmnácti hodinách [7;8].

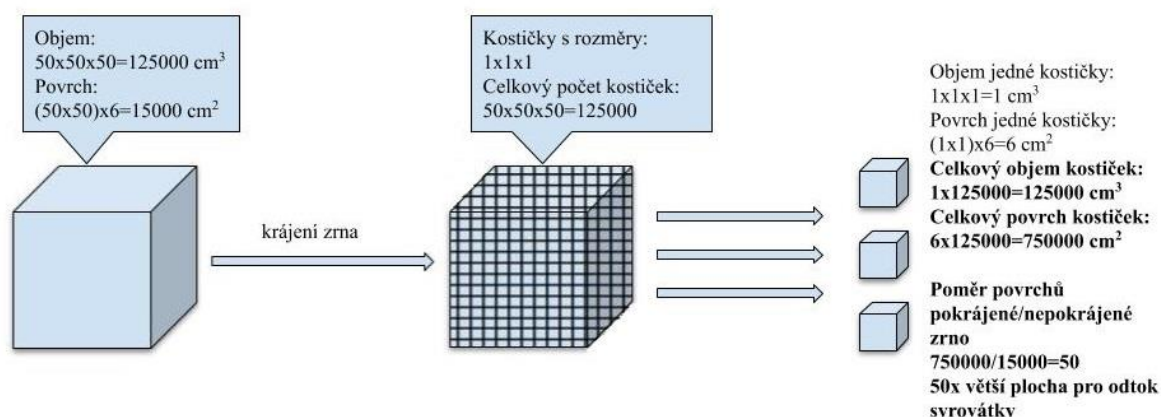


Obrázek 9: Část struktury syřidlem sráženého gelu při 30 °C; snímky pořízené elektronovým mikroskopem, po 1 h (vlevo) a po 18 h (vpravo) [8]

Synereze se v technologii podporuje různými kroky (krájení, míchání, lisování). Jejich úpravou lze manipulovat se sušinou ještě před formováním zrna.

Krájení

Krájením se zvyšuje celkový povrch sýřeniny. Jak již bylo zmíněno v technologii (kap. 2.3.5), čím menší pokrájené kostičky jsou, tím je větší povrch, ze kterého může syrovátka unikat. Čím víc unikne syrovátky, tím je zrno menší a vytuženější, více se ho vejde do forem a méně se ztratí syrovátky v dalších krocích. Tím bude hmotnost sýra vyšší. Poměr povrchu nepokrájené a pokrájené sýřeniny ukazuje Obrázek 10.



Obrázek 10: Poměr povrchu pokrácené a nepokrácené sýřeniny

Míchání

Míchání podporuje synerezi ze dvou důvodů. Jednak brání zrnu sedimentovat na dně výrobní nádoby a shlukovat se, čímž uvolňuje povrch zrna a umožňuje lepší odvod syrovátky. Míchání navíc vytváří na zrno tlak prostřednictvím samotného míchadla, srážkami částic o sebe a o nádobu. Tento tlak také podporuje uvolňování syrovátky. Ve výrobě lze manipulovat s rychlostí míchání a počtem míchání. U některých výrobních postupů lze manipulovat s pozicí míchadel [7].

Platí, že čím vyšší otáčky a délka míchání, tím vytuženější (vyšší sušina) zrno dostaneme. Čím vyšší sušina, tím více zrno se naformuje do formy, tím méně syrovátky se v dalších krocích uvolní a tím větší výslednou hmotnost dostaneme. Míchání je tedy jedním z parametrů, se kterým lze při řízení hmotnosti pracovat.

pH zrna

Snížení pH sýřeniny výrazně podporuje synerezi. To lze vysvětlit zvýšenou mírou přeskupení vazeb v síti a zvýšené propustnosti a tlaku, což usnadňuje odtok syrovátky ze zrna [7;20].

Hodnota pH, ať zrna nebo syrovátky, je velice důležitý parametr při řízení hmotnosti. Do jisté míry s ním nelze lehce manipulovat. Naopak je potřeba na něj reagovat. Samozřejmě by pH mělo být co možná nejstálější každou výrobu. Reálně se pohybuje v určitém intervalu v závislosti na předešlých krocích (především práce zakysových kultur, které snižují pH).

Teplota

Zvýšená teplota do 60°C podporuje synerezi. Při vyšších teplotách je větší propustnost povrchu zrna a vyšší tlak.

2.5 Manuální formování a řízení hmotnosti

Formování je proces přenosu syrového zrna do forem. Přenos může být proveden několika způsoby. Zrno lze dávkovat automaticky, pomocí pístů se odměří určitý objem zrna, který je napuštěn do forem. Na stáži jsem však řešil řízení hmotnosti na lince manuální. Příklad linky a manuálního formování je vidět na Obrázku 6. Zrno se přivádí po rampě do forem, které jedou po lince. Formy kryjí nástavce, po kterých obsluha roztírá zrno tak, aby v každé formě byla stejná výška, stejné množství zrna.

Je potřeba zmínit, že každý provoz je specifický. Ať už se jedná o technologii, teplotu v hale, typu manuální linky, každý výrobce má jiné podmínky. Proto lze jen těžko najít nějaké zdroje informací k řízení hmotnosti na konkrétní lince. Z toho důvodu v této kapitole vycházím především z teoretických znalostí shrnutých v předchozích kapitolách a praktických informací získaných v průběhu stáže a výsledků získaných při měření.

2.5.1 Vliv sušiny na výslednou hmotnost

Hmotnost výsledného sýra úzce souvisí se sušinou zrna. K tomu lze dojít jednoduchou úvahou. Čím vyšší má formované zrno sušinu, tím je menší (více uvolněné syrovátky, více smrštěné zrno). Do formy se tak vejde více malých kostiček zrna, které už neztratí tolik syrovátky, než zrno s nižší sušinou a větším objemem.

Se sušinou zrna je možné manipulovat již před formováním. Nejvíce ji ovlivňuje krájení a míchání. Čím menší jsou pokrájené částice syřeniny, tím je větší povrch, kterým může syrovátka odcházet. Míchání bylo popsáno výše (viz. kap. 2.3.6).

2.5.2 Vliv pH na výslednou hmotnost

Hodnota pH ovlivňuje koagulaci i synerezi. Má velký dopad na výslednou hmotnost a musí se na ni reagovat určitými kroky. Pokud má zrno nižší pH, bude mít i vyšší sušinu. Kyselejší zrno má tendenci se spojovat a tvořit hrudky. To může být problém při proudění zrna po rampě, kde se hrudky mohou zasekávat a může vznikat nehomogenní tok. To pak má za následek nehomogenní roztírání, takže může docházet k tomu, že sýry na jedné straně formy budou podstatně menší a lehčí než ostatní.

2.5.3 Vliv množství syrovátky na výslednou hmotnost

Po rampě do forem společně se zrnem stéká i syrovátka. Její množství lze regulovat. Při formování zrna v případě měkkých sýrů lze nahradit část zrna syrovátkou, pokud to ale umožňuje konstrukce formovacího zařízení. Konkrétně v tomto případě lze podíl syrovátky, která nahradí zrno jednoduše regulovat výškou hladiny syrovátky. Tento parametr slouží čistě k regulaci hmotnosti sýrů. Při formování bez syrovátky padá do forem jen zrno a hmotnost výsledného sýra je nejvyšší. Pokud je část zrna nahrazena syrovátkou, dostává se při stejném nastavení celé linky do forem stejný objem hmoty, která je ale zčásti tvořena syrovátkou. Syrovátka téměř okamžitě po naformování odtéká z forem a ve formě tak zůstává jen zrno. Množství zrna je ale výrazně menší, než tomu bylo v prvním případě. Výsledná hmotnost sýrů je tak nižší.

2.5.4 Vliv roztírání na výslednou hmotnost

Způsob roztírání je specifický pro konkrétní linku. Lze se zaměřit na mnoho detailů jako počet osob, kteří budou roztírat, jejich pozice, nástroje, kterými roztírají, samotný způsob roztírání, poloha forem atd. Prokázalo se, že tento vliv je opravdu důležitý a v praktické části mu bude věnováno více pozornosti.

2.6 Statistické zpracování a použité metody

Vzhledem k tomu, že statistické zpracování výsledků tvoří podstatnou část této práce, jsou v následujících kapitolách podrobněji popsány všechny aplikované statistické metody.

2.6.1 Normální rozdělení dat

Před každou statistickou analýzou je potřeba určit, zda jsou data normálně rozdělena či nikoliv. Data, která jsou rozdělena normálně, opisují Gaussovu křivku. Příklad takových dat je na Obrázku 12, kde je vidět histogram sušiny zrna z mých měření. Histogram opisuje Gaussovu křivku. Tu popisují dva parametry: střední hodnota μ a rozptyl σ^2 . Druhá odmocnina rozptylu je pak směrodatná odchylka. Normální rozdělení se označuje zkráceným zápisem $N(\mu; \sigma^2)$. Pro každé $N(\mu; \sigma^2)$ platí:

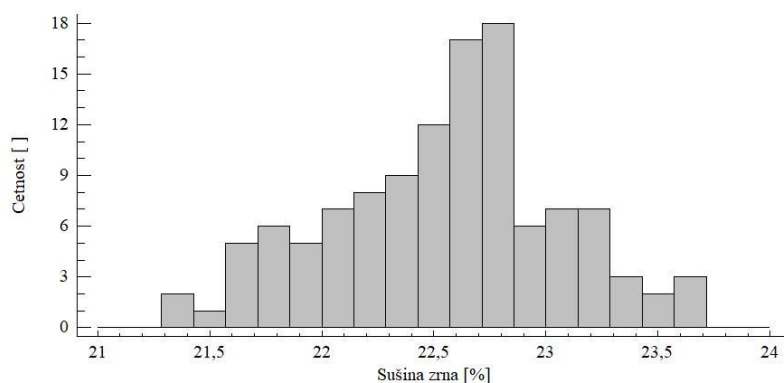
- interval $\mu \pm \sigma$ obsahuje 68,3 % naměřených hodnot
- interval $\mu \pm 2\sigma$ obsahuje 95,5 % naměřených hodnot
- interval $\mu \pm 3\sigma$ obsahuje 99,7 % naměřených hodnot [26]

Ke stanovení normality dat se používá Shapiro–Wilkův test normality. Pokud v tomto testu vyjde P-hodnota vyšší nebo rovna 0,05, znamená to, že data mají normální rozdělení. Interval P-hodnoty určuje hladina spolehlivosti se kterou pracujeme. U vědeckých a výzkumných prací se nejčastěji pracuje s $\alpha = 0,05$. To znamená, že musí vyjít pravděpodobnost vyšší než 95 %, abychom mohli zamítnout nulovou hypotézu. Test generuje dvě hypotézy.

- H_0 : Data jsou normálně rozdělena.
- H_1 : Data nejsou normálně rozdělena.

Vyjde-li P-hodnota například 0,14, znamená to, že máme 14% šanci, že špatně zamítneme hypotézu H_0 . Takže máme 86% šanci, že ji zamítneme správně. To ale nestačí, jelikož pracujeme na hladině spolehlivosti 95 %. Zkrátka nemáme dostatečnou jistotu pro zamítnutí nulové hypotézy a přepokládáme tedy, že data mají normální rozdělení [24].

Pokud jsou data normálně rozdělena, lze použít pro jejich analýzu parametrické testy. V opačném případě je třeba použít testy neparametrické.



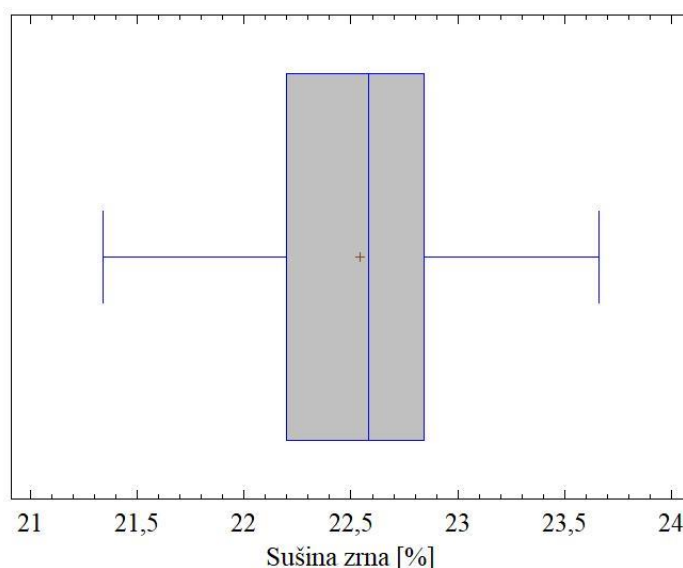
Obrázek 11: Histogram sušiny zrna

2.6.2 Grubbsův test na odlehlé hodnoty

Grubbsův test na odlehlé hodnoty předpokládá normální rozdělení dat, je to tedy test parametrický. Opět zde vystupuje P-hodnota. Pokud je nižší než 0,05, pak se jedná o odlehlou hodnotu. Jestliže data neměla normální rozdělení, byly odlehlé hodnoty identifikovány pomocí krabicových grafů. Příklad takového grafu je na Obrázku 13. Obdélník vymezuje 1. a 3. kvartil dat (Q_I a Q_{III}), červený křížek je průměr a modrá úsečka v obdélníku medián. Úsečkám mimo „box“ se říká „antény“. Tyto „antény“ jsou zakončeny dvěma hodnotami:

- Poslední hodnota pod $Q_{III} + 1,5 Q$
- Poslední hodnota nad $Q_I - 1,5 Q$

Q je interkvartilové rozpětí a vypočítá se jako rozdíl 1. a 3. kvartilu. Hodnoty za těmito hraničními body jsou podezřelé a je potřeba posoudit jejich odlehlost [23,24].



Obrázek 12: Krabicový graf

2.6.3 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu (Analysis of Variance, zkráceně ANOVA) slouží k identifikaci potenciálních rozdílů v průměrech více než dvou souborů dat. Pro porovnání dvou populací se využívá T-test. Jedná se o parametrický test pracující s normálně distribuovanými daty. Nulová hypotéza v tomto případě říká, že populační průměry se neliší. Platí totéž jako v předešlých metodách. Pokud je hodnota P nižší než 0,05 platí, že populační průměry jsou rozdílné a existuje tak rozdíl mezi zkoumanými populacemi [23].

Pokud porovnáváme více než dvě populace, je potřeba při pozitivním rozdílu najít, která populace se odlišuje. Statgraphics nabízí grafické zpracování pomocí krabicových grafů (viz. praktická část Graf 4) nebo tzv. *Means Plot* v nabídce *Tables and Graphs*. Díky grafickému zobrazení lze lehce identifikovat rozdílnou populaci.

K analýze nenormálně rozdělených dat se využívá obdobný Kruskal-Wallisův test, který srovnává mediány místo průměrů.

2.6.4 Korelační analýza

Korelace označuje míru stupně asociace dvou proměnných. Proměnné korelují, pokud určité hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Korelační analýza vyšetřuje vztahy mezi proměnnými [24].

Korelaci dvou dat popisuje Pearsonův korelační koeficient. Ten nabývá hodnot od -1 do +1. Čím víc se blíží ke krajním hodnotám, tím je korelace dvou proměnných vyšší. Přičemž platí přímá úměra pro kladný koeficient a nepřímá pro záporný. Korelační koeficient popisuje sílu asociace [24].

2.6.5 Regresní analýza

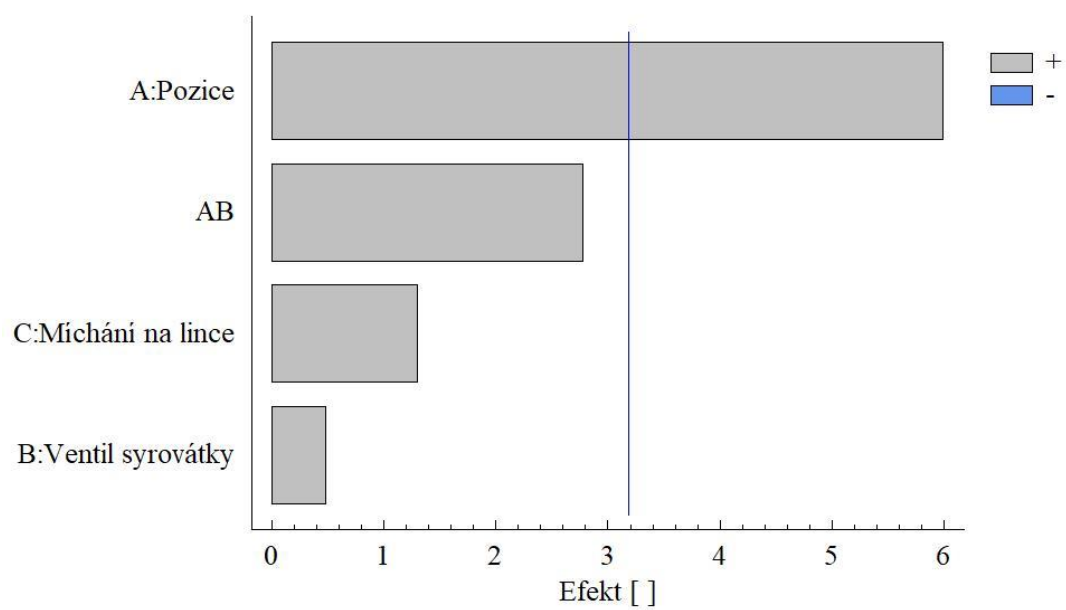
Zatímco korelační analýza vyšetřuje existenci a sílu vztahů mezi proměnnými, regresní analýza popisuje tvar těchto vztahů. Regresní analýza hledá způsob (rovnici), jak cílovou proměnou – „regresand“ (Y) popsat nezávislou proměnou – „regresorem“ (X). Nejjednodušší regresí je lineární. Ta spojuje data přímkou pomocí metody menších čtverců (přímka je experimentálním bodům co možná nejbližší) [24].

2.6.6 Metoda plánování experimentů

Malá, dobře naplánovaná studie, může přinést více informací než velká špatně připravená studie. Metoda plánování (řízení) experimentů (Design of Experiments – DOE) je statisticky připravený experiment, který vyšetřuje vliv faktorů na určitý proces nebo produkt. Příkladem může být technolog, který potřebuje zjistit vliv pH mléka, dávky syřidla, krájení a míchání na sušinu zrna. Může to udělat několika způsoby. Nejznámější metodou je pokus omyl. Zkoušet faktor po faktoru, sbírat data z výsledného produktu a porovnávat je. Takový experiment je časově náročný a složitý. Další možností je držet všechny faktory, až na jeden, konstantní. Teoreticky tak lze popsat efekt tohoto faktoru. Na druhou stranu je to neefektivní a nastane problém, pokud faktory mezi sebou interagují. Jako třetí možnost se nabízí DOE, statisticky sestavený experiment. DOE poskládá sekvenci experimentů navržených tak, aby získala co nejvíce informací o faktorech a jejich interakcích v několika málo experimentech [23].

Princip je v tom, že si nejprve určíme faktory, které mohou proces nebo produkt ovlivňovat. Dále u každého faktoru zadáme dvě krajní hodnoty, kterých mohou nabývat. Statgraphics pomocí Experimental Design Wizard sestaví sekvenci testů, kde se kombinují různé krajní hodnoty zvolených faktorů a podle získaných výsledků (proměnná popisující proces nebo produkt) určí vlivy všech faktorů a jejich kombinace [23].

K rychlému vyhodnocení testů slouží tzv. standardizovaný Paretův graf. Příklad takového grafu je na Obrázku 14. Délka každého pruhu je úměrná hodnotě t-statistiky, vypočítané pro odpovídající efekt. Každý pruh sahající za vertikální čáru představuje faktor, který má signifikantní efekt na hladině významnosti 0,05. V tomto případě by šlo pouze o pozici (faktor A) [23].



Obrázek 13: Standardizovaný Paretův graf

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Měřicí vybavení

3.1.1 Přístroje

- Analyzátor vlhkosti HB43-S, Mettler Toledo
- pH metr ProfiLine pH 197i, WTW se skleněnou elektrodou
- Teploměr Testo 206
- Laboratorní váhy

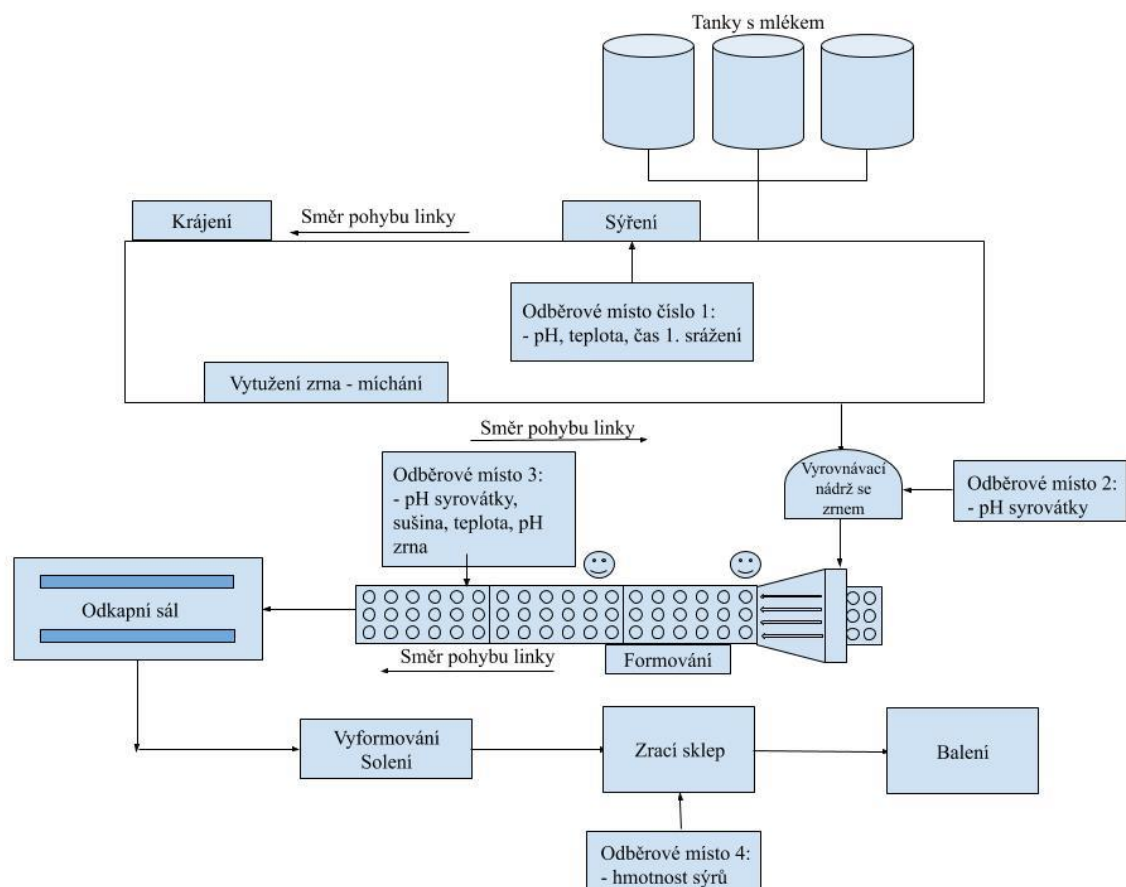
3.1.2 Pracovní pomůcky

- Běžné laboratorní pomůcky
- Nůž, hliníková víčka

3.2 Analyzované vzorky

V experimentální části diplomové práce byly analyzovány vzorky jednoho typu sýra ze sortimentu měkkých sýrů v dané společnosti. Vzhledem k výrobnímu tajemství neuvádím o jaký typ se jedná.

Ke stanovení pH, sušiny a teploty bylo odebíráno zrno z běžné denní produkce ihned po formování. K tomu byla sbírána syrovátka ze tří různých míst produkce – z forem, vyrovnávací nádrže a sběrné vany pro měření pH. Pro analýzu DOE a poslední část měření byly váženy sýry ve zracím sále. Počet odebraných vzorků byl závislý na velikosti šarže, podmínkách testů a možnostech výroby. Ostatní parametry byly získány z běžných záznamů měřených obsluhou. Přehled všech měřených parametrů a vzorků je vypsán v Tabulce 3. Schéma celého procesu, odběrová místa a měřené parametry jsou na Obrázku 11.



Obrázek 14: Schéma výroby od napouštění mléka a jednotlivá odběrová místa

Tabulka 3: Přehled měřených vzorků

Vzorky	Měřené parametry
Standardizované mléko	stáří mléka, tuk, dusíkaté látky, laktóza, kasein, sušina
Mléko při sýření	teplota, pH, doba srážení
Sýrové zrno	pH, sušina, teplota
Syrovátka	pH
Sýr	hmotnost sýrů

3.3 Použité metody

Zde budou popsány pouze metody, které jsem sám využíval. Mnohé parametry byly získány z již naměřených hodnot. Všechny použité metody se v denní produkci využívají k měření technologických parametrů. Veškeré vybavení je pravidelně kalibrováno a využíváno v provozu ke každodennímu měření technologických parametrů.

3.3.1 Termogravimetrická analýza vlhkosti s využitím halogenového sušení

Analýza vlhkosti proběhla na analyzátoru vlhkosti s halogenovou technologií. Zdrojem tepla zde je halogenový zářič. Výhodou je rychlost a dobrá opakovatelnost měření.

Vzorky sýrů byly homogenizovány v mixéru, směs rozetřena na hliníkové víčko a takto připravený vzorek byl vložen do analyzátoru s přednastaveným programem.

3.3.2 Stanovení pH

Hodnota pH byla měřena pH metrem s elektrodou s kapalným elektrolytem. Způsob se lišil v závislosti na typu vzorku. Tuhé sýry byly měřeny vpichem elektrody do sýra. Sýrové zrno bylo rozmixováno a elektroda byla ponořena do homogenizované směsi. Do kapalné syrovátky byla elektroda pouze ponořena.

3.3.3 Měření teploty

Teplota byla měřena vpichem teploměru do formy se sýrovým zrnem (na dvou místech – na kraji a ve středu formy).

3.3.4 Vážení

Vážení probíhalo na běžných laboratorních váhách.

3.4 Příprava a průběh jednotlivých experimentů

V první části práce jsem si položil otázku: která data, získaná běžnými rozbory během výroby, mají nejlepší korelaci se sušinou zrna nebo hmotností sýrů a jaké další parametry bych byl schopen sám naměřit. Rozhodl jsem se měřit teplotu, pH a sušinu zrna a pH syrovátky z různých míst, protože se tato měření normálně nedělají a pracoval jsem s hypotézou, že by mohli mít vliv na výslednou sušinu sýrů a tím i výslednou hmotnost sýrů. Teplota zrna byla měřena přímo ve formách (na dvou místech – na kraji a ve středu formy). Následně byl odebrán vzorek zrna z formy do kádinky. Zrno bylo ihned homogenizováno v mixéru. Bylo změřeno pH a stanovena sušina. Vzorky syrovátky byly odbírány ze tří různých míst výroby. Ihned po odběru bylo změřeno pH pomocí skleněné elektrody.

V druhé části experimentální práce jsem si položil otázku, který z používaných nástrojů regulace formování má největší dopad na regulaci množství naformované syřeniny. Ke stanovení vlivu jednotlivých nástrojů byla použita metoda Design of Experiments pro kombinaci tří zvolených parametrů.

Při analýze pomocí DOE byly posupně měněny tři parametry během formování, celkem v osmi kombinacích ve třech testech. Při každé kombinaci bylo naplněno 22 forem. Druhý den ráno před vyformováním bylo z každé formy odebráno 6 vzorků (dohromady 132 vzorků) tak, aby byla rovnoměrně pokryta všechna místa ve formě a byl tak vytvořen reprezentativní vzorek. Další den byly sýry zváženy ve zracím sále.

Ve třetí části jsem propojil získané výsledky z prvních dvou bloků testů a definoval operativní nástroj pro efektivní řízení hmotnosti ve formě tabulky. Zvolené parametry a rozmezí jsem pak ověřil v reálné výrobě. Při každém testu byla zvolena úprava parametrů při formování. Formy byly označeny a druhý den ráno při vyformování byly odebrány vzorky, které byly přemístěny do zracího sálu. Zde byly sýry druhý den zváženy. K tomu byla u každé skupiny vzorků měřena sušina.

3.5 Statistické zpracování a vyhodnocené výsledků

Data byla statisticky zpracována pomocí programu Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc., USA) Statgraphics byl první statistický program přizpůsobený pro PC. Jedná se o uživatelsky příjemný program, který poskytuje veškeré statistické analýzy s návody a popisem výsledků [22].

Data byla vždy uspořádána do jedné tabulky, byly odstraněny odlehlé hodnoty a následovala další statistická zpracování jako korelační analýza, analýza rozptylu a jiné.

Veškerá statistická testování byla provedena na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato diplomová práce vznikla na základě stáže, kterou jsem absolvoval v jedné z filiálek francouzské skupiny Savencia Fromage & Dairy. Celá studie byla poměrně rozsáhlá, proto jsem ji rozdělil do tří hlavních částí. Jednotlivé části na sebe navazují. Cílem celé práce bylo vypracování návodu k regulaci hmotnosti sýrů během procesu formování. Ideálně jednoduchý manuál pro pracovníky ve výrobě nebo podklady pro jeho vytvoření.

V první části byly měřeny parametry, které by mohly souviset s hmotností sýrů nebo sušinou zrna – pH syření, pH syrovátky, teplota zrna. Po nasbírání dostatečného množství dat je bylo možné statisticky zpracovat pomocí programu Statgraphics Centurion XVI a najít, které z nich mohou nejlépe popsat kvalitu zrna.

Ve druhé části studie byla zkoušena různá nastavení formovacího stroje, se kterými by bylo možné při formování lehce manipulovat a zároveň měla dostatečný vliv na výslednou hmotnost sýrů. Experimenty byly navrženy pomocí funkce DOE v programu Statgraphics a vyzkoušeny v praxi.

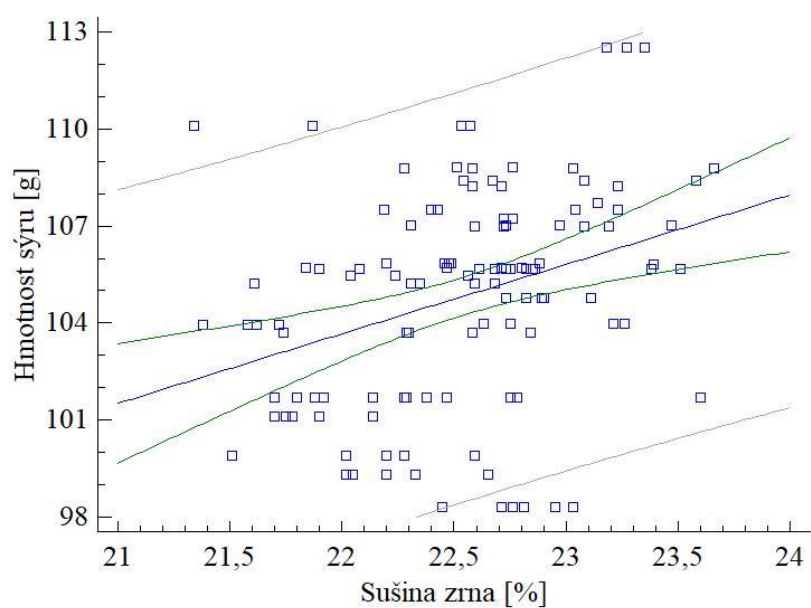
Ve třetím bloku byly propojeny všechny výsledky a závěry byly vyzkoušeny v praxi.

4.1 První část – popis kvality zrna

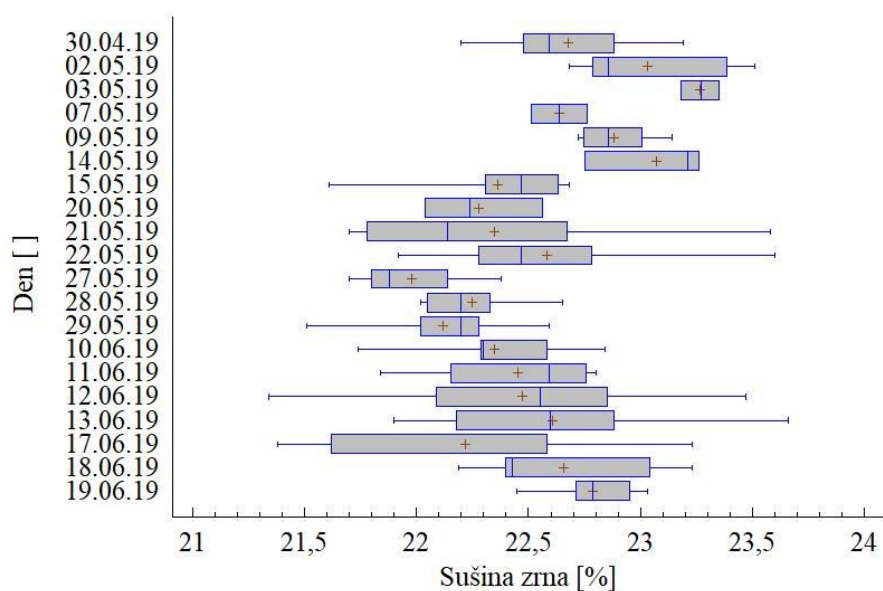
Na začátku studie byla sbírána data popisující kvalitu zrna. Měření probíhalo v reálném provozu. Celkem bylo proměřeno 20 šarží, tedy 20 výrobních dnů. K měření sušiny zrna byl využit analyzátor vlhkost, pH syrovátky a zrna bylo měřeno skleněnou elektrodou a teplota zrna ve formách pomocí teploměru. Další data byla získána ze záznamů a pouze zpracována. Veškerá naměřená data jsou v Příloze 1 a 2.

Bylo prokázáno, že sušina zrna souvisí s konečnou hmotností sýrů. Z výsledků regresní analýzy vyšlo, že hmotnost sýrů lineárně závisí na sušině zrna. Platí přímá úměra, jak je vidět v Grafu 3. **P-hodnota** pro regresní analýzu vyšla **0,0003**. Nulová hypotéza v tomto testu předpokládá, že testovaný model obsahující sušinu zrna není lepší než jiný model bez sušiny zrna. Jelikož P je nižší než 0,05 (pracujeme na hladině významnosti $\alpha = 5\%$) lze s jistotou 99,97 % předpokládat, že pomocí sušiny zrna můžeme predikovat výslednou hmotnost.

Dále bylo pomocí ANOVY (normální rozdělení dat) prokázáno, že sušina zrna je u jednotlivých šarží různá. Jinými slovy kvalita zrna se v jednotlivých šaržích mění. Nulová hypotéza v testu říká, že sušina se v jednotlivých dnech neliší. **P-hodnota** v testu vyšla **0,0007**. Což znamená, že s jistotou 99,93 % se naměřené hodnoty sušiny liší. To je vidět i v boxovém Grafu 4.



Graf 2: Závislost hmotnosti sýrů na sušině zrna při formování

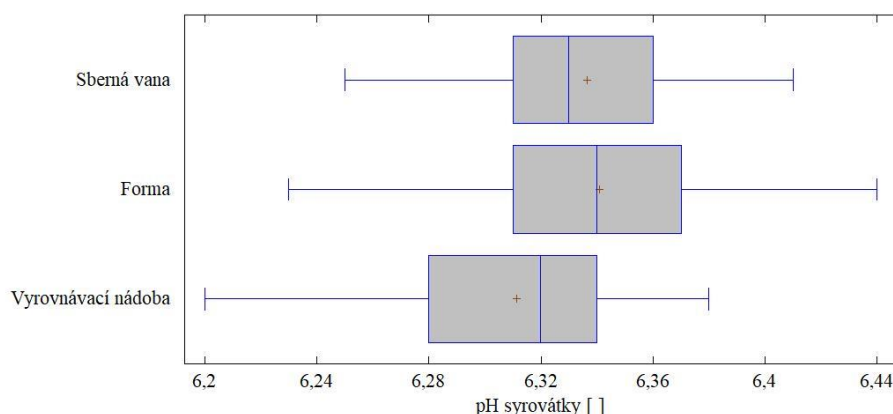


Graf 3: Boxové grafy sušiny naměřené v jednotlivých dnech

Hodnotu pH syrovátky popisují celkem tři čísla, protože syrovátka byla odebírána ze tří různých míst ve výrobě (Obrázek 11). Pomocí ANOVY bylo prokázáno, že mezi hodnotami pH z různých míst existuje statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05. **P-hodnota** vyšla **0,0000**, tj. menší než 0,05. Pomocí boxových grafů (Graf 5) a Tukeyho (Tabulka 4) bylo prokázáno, že se statisticky liší pH syrovátky z vyrovnávací nádoby od ostatních dvou odběrných míst. K další analýze bylo použito pouze pH syrovátky ze sběrné vany (nádoba, kam odtéká syrovátka z forem), protože se zní standardně odebírá syrovátka na provozní rozborů.

Tabulka 4: Počet naměřených hodnot pH, jejich průměr a homogenita skupin (pozice X označuje homogenitu skupin)

	Počet	Průměr	Homogenní skupiny
Syrovátka pH – vyrovnávací nádoba	122	6,311	X
Syrovátka pH – sběrná vana	121	6,334	X
Syrovátka pH – forma	122	6,341	X



Graf 4: Boxové grafy pH syrovátky z jednotlivých míst

Měření sušiny je v podmínkách reálného provozu příliš zdlouhavé. Proto byla snaha najít jiný parametr, který se sušinou koreluje a lze ho změřit rychleji. Možností bylo více. Veškeré kombinace parametrů, u kterých vyšla korelace, jsou uvedeny v Tabulce 5. Ostatní parametry byly vyzkoušeny, ale nebyla nalezena statisticky významná korelace se sušinou zrna. Každou dvojici popisují 3 řádky. První řádek je korelační koeficient, druhý počet porovnaných hodnot a třetí P-hodnota. Červeně jsou zvýrazněny ty, které jsou nižší než 0,05, což znamená, že dvojice koreluje na hladině významnosti 0,05.

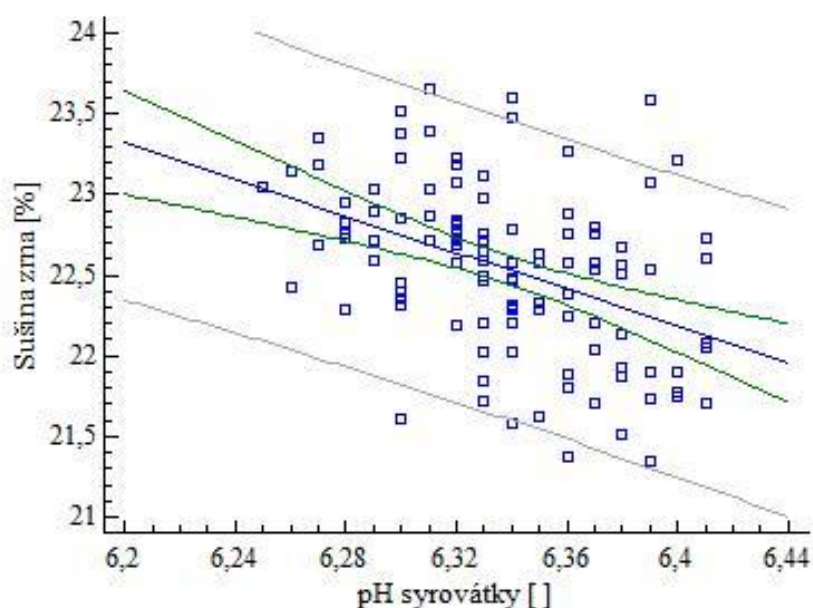
Tabulka 5: Korelační analýza jednotlivých parametrů

	Sušina zrna [%]	pH zrna []	Teplota zrna-střed [°C]	pH syrovátky []	Hmotnost sýrů [g]	Teplota zrna-kraj [g]
Sušina zrna [%]		-0,5060	0,2420	-0,4289	0,3076	0,2063
počet dat []		(115)	(115)	(115)	(115)	(115)
P-hodnota []		0,0000	0,0092	0,0000	0,0008	0,0270
pH zrna []	-0,5060		-0,3849	0,8271	-0,3787	-0,2966
počet dat []	(115)		(115)	(115)	(115)	(115)
P-hodnota []	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0013
Teplota zrna-střed [°C]	0,2420	-0,3849		-0,3275	0,2251	0,6690
počet dat []	(115)	(115)		(115)	(115)	(115)
P-hodnota []	0,0092	0,0000		0,0004	0,0156	0,0000
Teplota zrna-kraj [g]	0,2063	-0,2966	0,6690	-0,3120	0,1182	
počet dat []	(115)	(115)	(115)	(115)	(115)	
P-hodnota []	0,0270	0,0013	0,0000	0,0007	0,2084	
pH syrovátky []	-0,4289	0,8271	-0,3275		-0,1480	-0,3120
počet dat []	(115)	(115)	(115)		(115)	(115)
P-hodnota []	0,0000	0,0000	0,0004		0,1144	0,0007
Hmotnost sýrů [g]	0,3076	-0,3787	0,2251	-0,1480		0,1182
počet dat []	(115)	(115)	(115)	(115)		(115)
P-hodnota []	0,0008	0,0000	0,0156	0,1144		0,2084

Každá dvojice je popsána třemi řádky, první řádek korelační koeficient, druhý řádek počet porovnaných dat a třetí P-hodnota

Bylo statisticky prokázáno, že existuje korelace mezi sušinou zrna a hmotností sýru. Dále byla nalezena korelace mezi sušinou zrna a pH zrna, teplotou zrna ve formách a pH syrovátky.

Z těchto parametrů bylo vybráno **pH syrovátky** jako relevantní parametr pro popis kvality zrna, a to ze dvou důvodů. Měření pH je jednoduché a rychlé. Navíc se stanovuje běžně v provozu, takže není potřeba zavádět nové měření. Z regresní analýzy byla prokázána lineární závislost mezi pH syrovátky a sušinou zrna, jak je vidět v Grafu 6. **P-hodnota** v regresní analýze vyšla **0,0000**, tj. nižší než hladina významnosti 0,05.



Graf 5: Závislost sušiny zrna na pH syrovátky

4.2 Druhá část – faktory ovlivňující formování

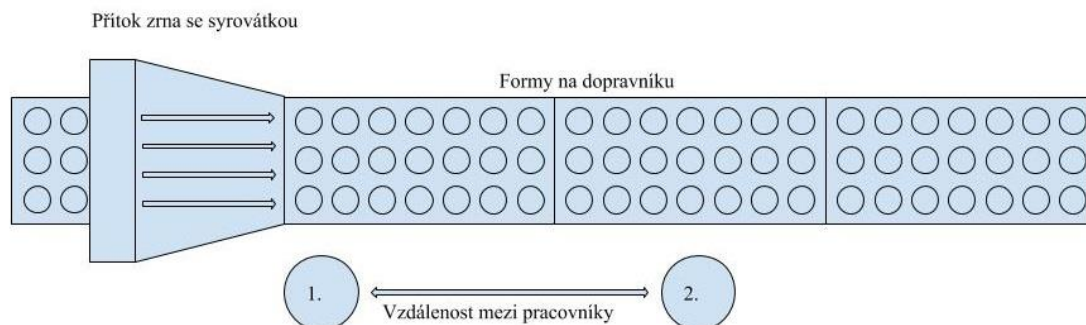
Pomocí DOE byly navrženy a provedeny celkem tři dílčí experimenty, jejichž cílem bylo nalézt nastavení formovacího stroje s největším vlivem na formování. V každém z experimentu byly vyzkoušeny tři faktory (tři různá nastavení) v reálné výrobě. Jako hodnoty jednotlivých faktorů byly zvoleny extrémy. Ty byly navrženy podle reálné výroby. Všechny experimenty s příslušnými faktory a extrémy jsou v Tabulce 6. Na Obrázku 15 je zjednodušené schéma manuálního formování.

Mezi testované faktory patří – pozice druhého operátora, množství syrovátky přitékající se zrnem do formy, rychlost dopravníku, který posouvá formy po lince, míchání před vyrovnávací nádobou a míchání na lince. Pozice druhého operátora je poloha, kde stojí druhý pracovník při manuálním formování zrna. První operátor se vždy nachází přímo u rampy, po které přitéká zrna se syrovátkou. Pozici druhého operátora lze měnit, jak je vidět na Obrázku 15. V testu se pracuje s hodnotami 0 a 1. Hodnota 0 znamená, že pracovník stál přímo vedle prvního operátora. U hodnoty 1 byl naopak co nejdál od prvního (tak daleko, jak dovozoval prostor u linky). To, jak blízko či daleko stojí vzhledem k prvnímu operátorovi má vliv na hmotnost sýrů. Pokud je blízko, zrna ve formě ještě tolik neodkape, takže se doplní jen malé množství dalšího zrna. Pokud se nachází dál, zrna vlastní vahou více odkape syrovátku, jeho povrch ve formě více klesne a doplní se tak více dalšího zrna. Procento otevření ventilu syrovátky reguluje množství syrovátky, která se zrnem přitéká do forem. Čím větší procento, tím více je otevřený.

Čím více je otevřený, tím více syrovátky odeče pryč a méně se jí přivádí se zrnem na rampu. Rychlost dopravníku udává rychlost, s jakou formy projíždějí přes formování. Čím pomaleji se formy pohybují, tím více zrna se do nich dostane. Před vyklápěním van do vyrovnávací nádoby se obsah promíchává, aby zrno nezůstávalo uvnitř. Mícháním na lince je míněno normální míchání popsané v technologii (kap. 2.3.6). Mícháním se podporuje synereze. Více míchané zrno má vyšší sušinu, která souvisí s hmotností sýrů. U každého experimentu byla jako proměnná sledována hmotnost sýru ve zracím sklepe.

Tabulka 6: Jednotlivé experimenty s faktory a jejich extrémy

Experiment I			
Faktory	Pozice druhého operátora []	Ventil syrovátky [%]	Rychlost dopravníku [%]
Krajní hodnoty	0/1	35/90	70/90
Experiment II			
Faktory	Pozice druhého operátora []	Ventil syrovátky [%]	Míchání před vyrovnávací nádobou []
Krajní hodnoty	0/1	35/85	0/4
Experiment III			
Faktory	Pozice druhého operátora []	Ventil syrovátky [%]	Míchání na lince []
Krajní hodnoty	0/1	35/85	20/35



Obrázek 15: Schéma formování; 1. a 2. operátor roztírá zrno do forem na dopravníku, po rampě přitéká zrno se syrovátkou

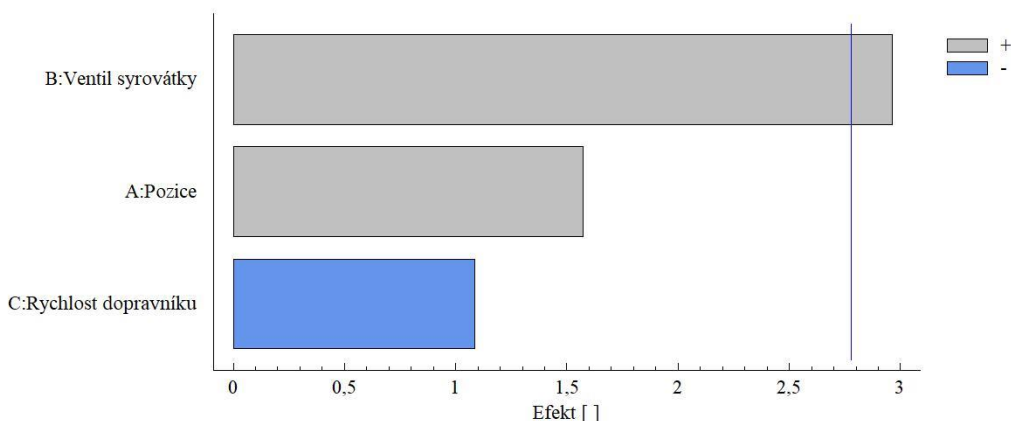
4.2.1 Experiment I

V prvním experimentu byly testovány tři faktory. Pozice druhého pracovníka, ventil syrovátky a rychlost dopravníku. Jejich kombinace a zjištěná průměrná hmotnost sýrů jsou shrnuty v Tabulce 7.

Tabulka 7: Kombinace faktorů z prvního experimentu a výsledná průměrná hmotnost sýrů z každé kombinace

Kombinace	Pozice []	Ventil syrovátky [%]	Rychlost dopravníku [%]	Průměrná hmotnost [g]
1	0	90	90	111,77
2	1	90	70	114,46
3	0	90	70	111,50
4	0	35	70	106,84
5	1	35	90	109,41
6	1	90	90	110,29
7	1	35	70	108,03
8	0	35	90	100,52

Graf 7 ukazuje efekty jednotlivých faktorů na hmotnost sýrů. Modrá čára značí statisticky významný efekt. Šedou barvu mají faktory, u kterých s rostoucí hodnotou roste hmotnost sýrů (přímá závislost).



Graf 6: Standardizovaný Paretův graf efektu různých faktorů na hmotnost sýrů

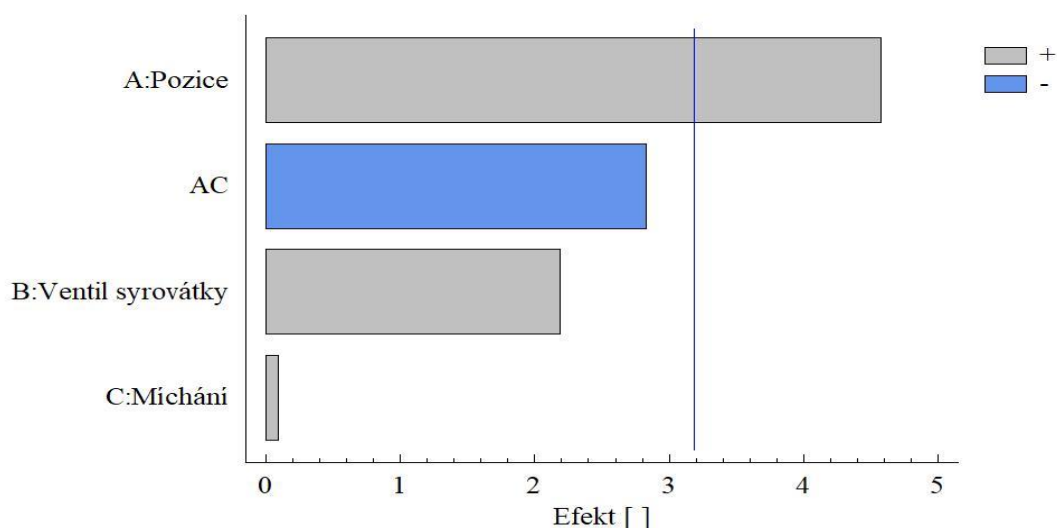
V prvním experimentu vyšel největší kladný efekt u ventilu syrovátky. To znamená, že čím méně se dostane syrovátky se zrnem do forem, tím větší bude výsledná hmotnost. Pozice pracovníků také vykazuje kladný efekt. Čím dále od sebe operátoři stojí, tím více zrna rozetřou do forem a tím jsou sýry větší (těžší). Naopak s rostoucí rychlostí dopravníku klesá hmotnost, protože se naformuje méně zrna.

4.2.2 Experiment II

Ve druhém experimentu bylo k pozici operátorů a ventilu syrovátky přidáno míchání před vyrovnávací nádobou. Kombinace faktorů a průměrná hmotnost sýrů jsou shrnuty v Tabulce 8. Graf 8 ukazuje efekty jednotlivých faktorů na hmotnost sýrů.

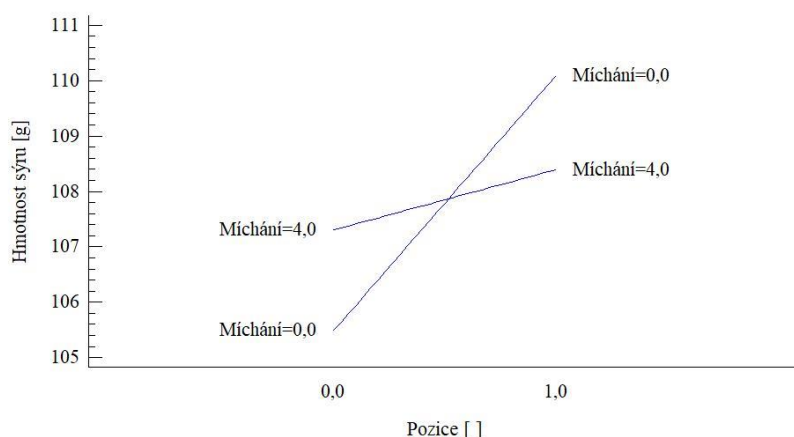
Tabulka 8: Kombinace faktorů z druhého experimentu a výsledná průměrná hmotnost sýrů každé kombinace

Kombinace	Pozice []	Ventil syrovátky [%]	Míchání	Průměrná hmotnost [g]
1	0	35	0	104,08
2	1	35	0	109,74
3	0	85	0	106,89
4	1	85	0	110,44
5	0	35	4	107,30
6	1	35	4	107,44
7	0	85	4	107,31
8	1	85	4	109,34



Graf 7: Standardizovaný Paretův graf efektu různých faktorů na hmotnost sýrů

Ve druhém experimentu vykazovala největší efekt pozice operátorů. Vysoký záporný efekt vyšel i u kombinace pozice a míchání. To teoreticky znamená, že nárůst hmotnosti způsobený nárůstem vzdálenosti operátorů je vyšší při nižší míchání, jak je vidět v Grafu 9. Naopak samostatné míchání vykazuje velmi nízký efekt v porovnání s ostatními faktory.



Graf 8: Nárůst hmotnosti sýrů při kombinaci pozice a míchání

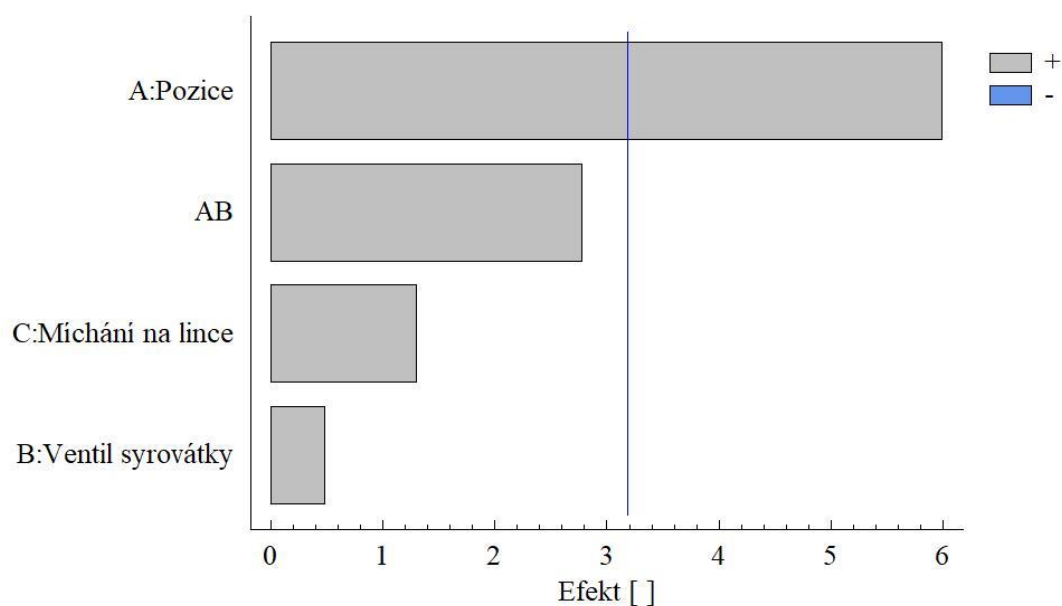
4.2.3 Experiment III

V posledním experimentu bylo míchání před vyrovnávací nádobou nahrazeno mícháním na lince. Kombinace faktorů a průměrná hmotnost vyrobených sýrů jsou shrnuty v Tabulce 9.

Graf 10 ukazuje efekty jednotlivých faktorů na hmotnost sýrů.

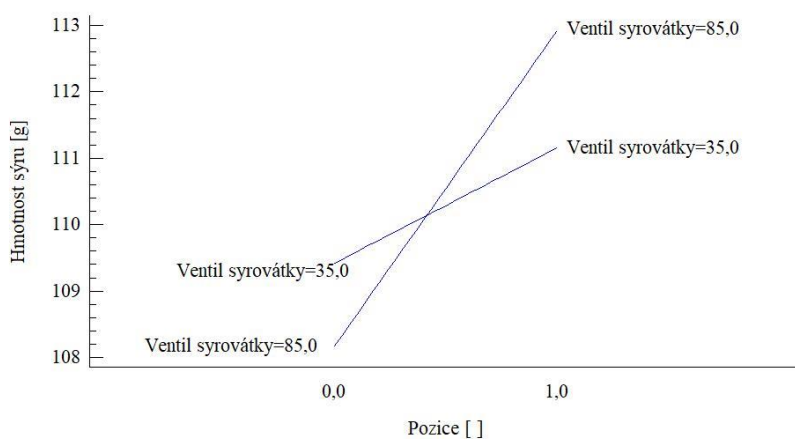
Tabulka 9: Kombinace faktorů z třetího experimentu a výsledná průměrná hmotnost sýrů každé kombinace

Kombinace	Pozice []	Ventil syrovátky [%]	Míchání	Průměrná hmotnost [g]
1	0	35	20	108,29
2	1	35	20	110,85
3	0	85	20	108,15
4	1	85	20	112,98
5	0	35	35	110,55
6	1	35	35	111,46
7	0	85	35	108,21
8	1	85	35	112,86



Graf 9: Standardizovaný Paretův graf efektu různých faktorů na hmotnost sýrů

Ve třetím experimentu opět nejvyšší efekt vykazovala pozice operátorů. Vysoký kladný efekt v porovnání s mícháním a ventilem vykazuje kombinace pozice s mícháním. Kombinace těchto efektů je vysvětlena v Grafu 11.



Graf 10: Nárůst hmotnosti sýrů při kombinaci pozice a ventilu

4.2.4 Shrnutí druhé části

Ve druhé části byly provedeny celkem tři experimenty k nalezení nastavení formovacího stroje s největším efektem na hmotnost sýrů. U každého experimentu se opakovala pozice druhého operátora, ve dvou dokonce statisticky významně. V prvním testu vyšel statisticky významný efekt u množství syrovátky při formování. Tento faktor měl vysoký efekt v kombinaci s pozicí operátorů ve třetím testu.

Pro další testování byla vybrána pozice operátorů a ventilu (množství) syrovátky. Oba tyto parametry vykazovaly vysoké efekty v jednotlivých experimentech a lze je snadno nastavovat.

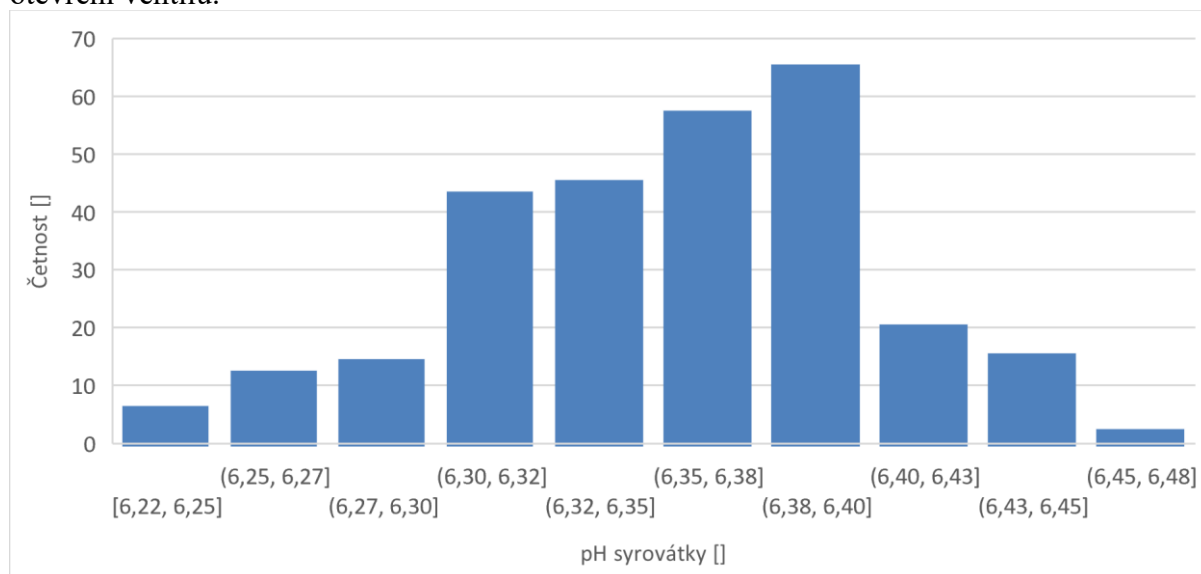
4.3 Třetí část – ověření výsledků ve výrobě

V předešlých krocích byla prokázána změna kvality sýrového zrna mezi jednotlivými šaržemi. Dále bylo zjištěno, že pomocí parametru pH syrovátky lze tyto změny popsat. Pomocí DOE byl nalezen nástroj k regulaci hmotnosti sýru již při formování.

V poslední části studie zbývalo všechny poznatky propojit dohromady a konečné řešení vyzkoušet v praxi. Z hodnot pH syrovátky, naměřených v první polovině roku 2019, které jsou v Grafu 12, byly vytvořeny celkem tři stejně obsáhlé intervaly a ke každému intervalu přiřazeny regulace – úpravy v pozici operátorů a otevření ventilu syrovátky. Intervaly s úpravami obsahuje Tabulka 10.

Při nižší hodnotě pH, kyseljším mléku, je potřeba naplnit formy menším objemem zrna. Zrno lépe vylučuje syrovátku, má vyšší sušinu. Vyšší sušina znamená vyšší hmotnost. Proto pro tento interval byla zvolena bližší pozice pracovníků a ventil syrovátky 60 %. Pozice 2–3 označuje místo mezi druhou a třetí formou od rampy. Manipulační prostor v pozicích má délku celkem čtyř forem.

Naopak při vyšším pH syrovátky je sušina zrna nižší. V tomto případě je předpoklad nižší finální hmotnosti, a tudíž je potřeba naplnit formy vyšším množstvím zrna. Aby se rozdíly vyrovnaly, tak v druhém intervalu pH 6,35–6,38 byla zvýšena vzdálenost mezi operátory při stejném otevření ventilu syrovátky. V posledním intervalu pak bylo navýšeno i procento otevření ventilu.



Graf 11: Histogram pH syrovátky

Tabulka 10: Návrh řízení formování pro optimalizaci hmotnosti sýrů

Interval pH syrovátky	Pozice operátorů	Ventil syrovátky
6,34 a méně	2–3	60 %
6,35–6,38	3–4	60 %
6,39 a více	3–4	80 %

Celkem bylo provedeno 19 měření. U každého testu bylo změřeno pH syrovátky pro určení intervalu. Sýry byly dále váženy ve zracích sklepích. Hmotnost sušiny byla vypočítána podle vztahu (1):

$$Hmotnost\ sušiny = Průměrná\ hmotnost \cdot \frac{Průměrná\ sušina}{100} [g]. \quad (1)$$

Celý přehled testových šarží a jejich důležité parametry jsou v Tabulce 11.

Tabulka 11: Intervaly pH, měřená šarže, pH syrovátky, průměr ze sušin a hmotností, hmotnost sušiny; (1) a (2) značí číslo testu v rámci jedné šarže – u větších šarží bylo možné udělat dva testy

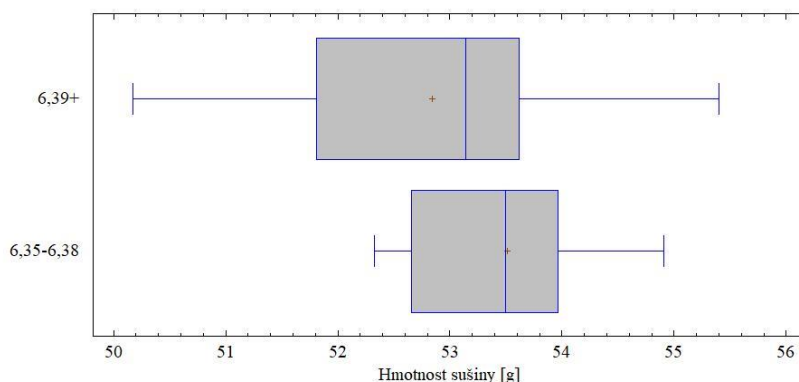
pH syrovátky ≤6,34				
Šarže	pH syrovátky []	Průměrná sušina [%]	Průměrná hmotnost [g]	Hmotnost sušiny [g]
318/1	6,33	50,13	107,17	53,72
pH syrovátky 6,35–6,38				
Šarže	pH syrovátky []	Průměrná sušina [%]	Průměrná hmotnost [g]	Hmotnost sušiny [g]
259(1)	6,38	47,72	109,67	52,33
289	6,37	48,94	107,31	52,52
322	6,38	49,79	108,09	53,82
330	6,37	49,1	108,60	53,32
331(1)	6,38	48,28	111,18	53,68
331(2)	6,38	49,10	111,83	54,91
344(1)	6,38	49,53	110,56	54,76
344(2)	6,38	48,24	111,85	53,96
346(1)	6,38	48,04	110,61	53,13
346(2)	6,38	48,04	109,61	52,66
pH syrovátky ≥6,39				
Šarže	pH syrovátky []	Průměrná sušina [%]	Průměrná hmotnost [g]	Hmotnost sušiny [g]
259(2)	6,39	48,73	102,96	50,17
275	6,44	48,08	107,15	51,52
281	6,42	49,13	112,78	55,40
289	6,40	49,11	106,09	52,10
296	6,40	48,65	109,75	53,40
310	6,42	48,04	111,54	53,58
317	6,40	48,65	110,27	53,65
322	6,40	49,14	107,63	52,89

Bohužel nebylo získáno dostatečné množství dat pro statistické zpracování intervalu ≤6,34.

Pro hmotnosti sušin dalších dvou intervalů vyšlo normální rozdělení dat a žádné odlehlé hodnoty pro oba intervaly. Výsledky testů jsou v Tabulce 12. Dále byl proveden T-test pro porovnání těchto intervalů. **P-hodnota** vyšla **0,271**, což znamená, že průměry obou intervalů se neliší. Neexistuje statistický rozdíl mezi hmotnostmi sušin intervalů 6,35–6,38 a $\geq 6,39$ na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Rozložení hodnot ukazuje Graf 13.

Tabulka 12: Test normality a odlehlých hodnot hmotností sušin pro intervaly 6,35–6,38 a $\geq 6,39$

Hmotnost sušiny	
Test	P-hodnota
pH syrovátky 6,35–6,38	
Shapiro-Wilk W	0,634
Grubbs' Test	0,971
pH syrovátky $\geq 6,39$	
Shapiro-Wilk W	0,916
Grubbs' Test	0,499



Graf 12: Boxový graf hmotností sušin dvou intervalů

4.3.1 Shrnutí třetí části

Bylo dokázáno, že mezi naměřenými hmotnostmi sýrů v intervalu pH $\geq 6,39$ a 6,35–6,38 není statistický rozdíl na hladině významnosti 0,05. To znamená, že nastavené úpravy pro zrno o různém pH zajišťují sýry, jejichž hmotnost se statisticky neliší. Lze konstatovat, že použité úpravy jsou účinné a třetí závěrečná část úspěšně završila předešlé zkoumání.

5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo nalézt vhodný nástroj k regulaci hmotnosti sýrů během procesu formování na manuální lince. K tomu bylo potřeba popsat kvalitu syrového zrna pomocí jednoduše měřitelných parametrů a nalezení možných úprav při procesu formování. Celá studie je rozdělena do tří částí.

V první části byly měřeny různé parametry během výroby sýrů. Všechna data byla statisticky zpracována a vyhodnocena. Nejdříve byl prokázán lineární vztah mezi sušinou zrna a hmotností sýrů. Následně byla dokázána variabilita sušiny zrna mezi šaržemi. Na základě zjištěné korelace mezi sušinou zrna a pH syrovátky bylo pH syrovátky vybráno jako parametr pro popis kvality zrna a predikci hmotnosti sýrů již během formování. Lze jej změřit lehce a hlavně rychle. Navíc se již ve výrobě měří.

Když byl nalezen způsob, jak popsat kvalitu zrna, zbývalo vymyslet nástroj, jak řídit hmotnost sýrů během formování. Možností bylo několik. Pro testování byla vybrána metoda Design of Experiments, jejíž výhodou je snížení počtu nezbytných experimentů, a tím úspora času i nákladů na jejich realizaci. Byly provedeny celkem tři experimenty, na začátku každého experimentu byly navrženy tři faktory, které by teoreticky mohly mít efekt na hmotnost sýrů. V každém experimentu se potvrdil významný efekt pozice operátorů a množství syrovátky při formování. Tyto faktory byly vybrány k závěrečnému testování.

V poslední části byly zjištěné informace ověřeny v praxi. Na základě naměřených hodnot pH syrovátky v první polovině roku 2019 byly sestaveny celkem tři intervaly a ke každému intervalu byla přiřazena konkrétní nastavení. Celkem bylo provedeno 19 měření, z toho 1 pro interval $\text{pH} \leq 6,34$, 10 měření pro interval $\text{pH} 6,35\text{--}6,38$ a 8 měření pro $\text{pH} \geq 6,39$. Výsledky z těchto testů byly opět statisticky zpracovány a vyhodnoceny. Mezi intervaly $\text{pH} 6,35\text{--}6,38$ a $\text{pH} \geq 6,39$ nebyl nalezen statistický rozdíl v hmotnosti vyrobených sýrů. Z toho vyplývá, že navržené úpravy opravdu měly pozitivní efekt na řízení hmotnosti, resp. podařilo se dosáhnout standardní hmotnosti finálních sýrů. Pro interval $\text{pH} \leq 6,34$ bohužel chybí dostatečné množství dat.

Ze zjištěných výsledků tak vyplývá, že byl nalezen nástroj k regulaci hmotnosti sýrů během manuálního formování. Určitě se nabízí prostor k dalšímu testování pro interval pH syrovátky $\leq 6,34$. V jiných provozech by se také dalo více experimentovat s pozicí operátorů. Ti nemusí nutně stát vedle sebe, ale nabízí se i možnost naproti sobě. Z ostatních výsledků však lze konstatovat, že studie splnila svůj cíl.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vyhláška č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje § 1. In: Sběrka zákonů. 2016.
- [2] ZADRAŽIL, Karel. *Mlékařství: (přednášky)*. 1. Praha: ISV, 2002. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN 80-866-4215-1.
- [3] FOX, Patrick F, Timothy P GUINEE, Timothy M COGAN a Paul L. H MCSWEENEY. *Fundamentals of Cheese Science*. 2nd ed. 2017. Boston, MA: Springer US, 2017. ISBN 978-1-4899-7679-6.
- [4] DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. 1. Ostrava: Key Publishing, 2014. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2
- [5] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 978-80-7080-510-7.
- [6] CALLEC, Christian. *Encyklopedie sýrů*. Čestlice: Rebo Productions, 2002. ISBN 80-723-4225-8.
- [7] LAW, Barry A. a A. Y. TAMIME. *Technology of cheesemaking* [online]. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell, 2010 [cit. 2019-11-24]. ISBN 978-1-4051-8298-0. Dostupné z: <https://www.wiley.com/en-us/>.
- [8] FOX, Patrick F., Paul L. H. MCSWEENEY, Timothy M. COGAN a Timothy P. GUINEE, ed. *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. ISBN 0-12-263651-1.
- [9] *Dairy processing handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995.
- [10] JANŠTOVÁ, Bohumíra a kol. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-635-3.
- [11] KOPÁČEK, Jiří. Vývoj v nákupních cenách mléka v ČR. *Mlékárenské listy*. 2020, **31**(177), 3-4.
- [12] Cheese Production: Camembert and Brie. *Tecnal: Dairy & Cheese Equipment* [online]. Niort, ©2014 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <http://www.tecnal.fr/en/our-solutions/cheese-making/camembert-and-brie/>
- [13] *Cheese problems solved* [pdf]. Broken Sound Parkway, NW, : Woodhead Publishing Limited, 2007 [cit. 2020-02-27]. ISBN 978-1-84569-353-4. Dostupné z: <https://www.elsevier.com>
- [14] FUQUAY, John W., Patrick F. FOX a Paul. L. H. MCSWEENEY, ed. *Encyclopedia of Dairy Science*. 2nd ed. The United Kingdom: Elsevier, 2011. ISBN 978-0-12-374402-9.
- [15] MARILLEY, L. a M. G. CASEY. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 2004, (90), 139–159 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/>
- [16] WEDHOLM, A., L. B. LARSEN, H. LINDMARK-MANSSON, A. H. KARLSSON a A. ANDRÉN. Effect of Protein Composition on the Cheese-Making Properties of Milk from Individual Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* [online]. 2006, **9**(89), 3296-3305 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science>
- [17] J. CHOI, D. S. HORNE a J. A. LUCEY. Effect of Insoluble Calcium Concentration on Rennet Coagulation Properties of Milk. *Journal of Dairy Science* [online]. 2007, **6**(90) [cit. 2020-03-08]. DOI: 10.3168.

- [18] DALGLEISH, Douglas G., Jan BRINKHUIS a Theodoor A. J. PAYENS. The Coagulation of Differently Sized Casein Micelles by Rennet. *European Journal of Biochemistry* [online]. 1981, **2**(119), 257-261 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1981.tb05602.x>
- [19] BOHLIN, Leif, Per-Olof HEGG a Helena LJUSBERG-WAHREN. Viscoelastic Properties of Coagulating Milk. *Journal of Dairy Science* [online]. 1984, **4**(67), 729-734 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://pdf.sciencedirectassets.com/>
- [20] DAVIAU, Céline, Marie-Hélène FAMELART, Alice PIERRE, Henri GOUDÉDRANCHE a Jean-Louis MAUBOIS. Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Le Lait* [online]. 2000, **4**(80), 397-415 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895427>
- [21] BREMER, Leon G. B., Bert H. BIJSTERBOSCH, Robert SCHRIJVERS, Ton van VLIET a Pieter WALSTRA. On the fractal nature of the structure of acid casein gels. *Colloids and Surfaces* [online]. 1990, (51), 159-170 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016666229080139U>
- [22] *Statgraphics* [online]. The Plains, Virginia [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <http://www.statgraphics.com/>
- [23] STATPOINT TECHNOLOGIES, INC. *Statgraphics Centurion XVI User Manual*. Warrenton, 2009.
- [24] HENDL, Jan. Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-717-8820-1.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VVTPH	voda v tukoprosté hmotě sýru
tvS	tuk v sušině
C/F	kasein/tuk
RIL	rezidua inhibičních látek
ANOVA	Analyse of Variance
DOE	Design of Experiments

8 PŘÍLOHY

Příloha 1 Tabulka s parametry od standardizovaného mléka po sýření

Příloha 2 Tabulka s parametry od formování po balení

Příloha 1a: Datum měření, šarže, parametry standardizovaného mléka a mléka při sýření

Datum měření	Šarže	Standardizované mléko						Mléko při sýření		
		Stáří mléka [den]	Tuk [%]	Bílkovina [%]	Sušina [%]	Laktóza [%]	Kasein [%]	Teplota [°C]	pH []	Doba srážení
30.4	19120 T5	2	4,09	3,63	13,13	4,84	2,91	37,8	6,38	9:53
30.4	19120 T5	2	4,09	3,63	13,13	4,84	2,91			
30.4	19120 T5	2	4,09	3,63	13,13	4,84	2,91	37,7	6,38	9:57
30.4	19120 T5	2	4,09	3,63	13,13	4,84	2,91		6,37	
30.4	19120 T5	2	4,09	3,63	13,13	4,84	2,91	37,8		10:03
30.4	19120 T3	1	4,01	3,67	13,14	4,92	2,97			
30.4	19120 T3	1	4,01	3,67	13,14	4,92	2,97	37,8	6,37	10:12
30.4	19120 T3	1	4,01	3,67	13,14	4,92	2,97			
30.4	19120 T3	1	4,01	3,67	13,14	4,92	2,97	37,8		10:00
30.4	19120 T3	1	4,01	3,67	13,14	4,92	2,97		6,37	
2.5	19122 T4	1	4,06	3,67	13,21	4,88	2,97			
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95	37,9	6,37	10:20
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95		6,37	
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95	37,8		10:21
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95			
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95	37,9	6,36	10:19
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95	37,9		10:11
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95			
2.5	19122 T6	1	4,07	3,65	13,15	4,89	2,95			
2.5	19123 T2	1	4,11	3,72	13,32	4,89	3,01	37,4	6,38	9:48
3.5	19123 T2	1	4,11	3,72	13,32	4,89	3,01			
3.5	19123 T2	1	4,11	3,72	13,32	4,89	3,01			9:53

Příloha 1b: Datum měření, šarže, parametry standardizovaného mléka a mléka při sýření

Datum měření	Šarže	Standardizované mléko						Mléko při sýření		
		Stáří mléka [den]	Tuk [%]	Bílkovina [%]	Sušina [%]	Laktóza [%]	Kasein [%]	Teplota [°C]	pH []	Doba srážení
9.5	19129 T9	1	4,09	3,66	13,22	4,89	2,94	37,9	6,38	10:25
9.5	19129 T9	1	4,09	3,66	13,22	4,89	2,94			
9.5	19129 T9	1	4,09	3,66	13,22	4,89	2,94	38	6,38	10:22
9.5	19129 T9	1	4,09	3,66	13,22	4,89	2,94			
9.5	19129 T9	1	4,09	3,66	13,22	4,89	2,94			
9.5	19129 T5	1	4,06	3,65	13,14	4,87	2,92	37,9	6,39	9:54
9.5	19129 T5	1	4,06	3,65	13,14	4,87	2,92			
9.5	19129 T5	1	4,06	3,65	13,14	4,87	2,92	37,9	6,39	9:50
14.5	19134 T8	1	4,07	3,64	13,19	4,90	2,93	37,3	6,40	9:51
14.5	19134 T8	1	4,07	3,64	13,19	4,90	2,93			
14.5	19134 T8	1	4,07	3,64	13,19	4,90	2,93	37,3		9:50
15.5	19134 T8	1	4,07	3,64	13,19	4,90	2,93		6,40	
15.5	19135 T4	2	4,11	3,66	13,16	4,83	2,93	37,3	6,34	9:53
15.5	19135 T4	2	4,11	3,66	13,16	4,83	2,93			
15.5	19135 T4	2	4,11	3,66	13,16	4,83	2,93	37,3		9:59
15.5	19135 T4	2	4,11	3,66	13,16	4,83	2,93		6,34	
15.5	19135 T4	2	4,11	3,66	13,16	4,83	2,93			
20.5	19140 T2	1	4,08	3,66	13,22	4,90	2,69	37,4	6,41	11:03
20.5	19140 T2	1	4,08	3,66	13,22	4,90	2,69			
20.5	19140 T2	1	4,08	3,66	13,22	4,90	2,69	37,4	6,41	10:25
21.5	19141 T8	1	4,03	3,69	13,19	4,88	2,99	37,6	6,42	9:01
21.5	19141 T8	1	4,03	3,69	13,19	4,88	2,99	37,6	6,41	9.35

Příloha 1c: Datum měření, šarže, parametry standardizovaného mléka a mléka při syření

Datum měření	Šarže	Standardizované mléko						Mléko při syření		
		Stáří mléka [den]	Tuk [%]	Bílkovina [%]	Sušina [%]	Laktóza [%]	Kasein [%]	Teplota [°C]	pH []	Doba srážení
21.5	19141 T5	1	4,07	3,63	13,15	4,89	2,93	37,6	6,37	10:01
21.5	19141 T5	1	4,07	3,63	13,15	4,89	2,93	37,6	6,37	10:03
21.5	19141 T5	1	4,07	3,63	13,15	4,89	2,93			
21.5	19141 T5	1	4,07	3,63	13,15	4,89	2,93	37,6	6,37	10:02
21.5	19141 T5	1	4,07	3,63	13,15	4,89	2,93			
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97	37,4	6,39	9:21
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97			9:25
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97	37,5	6,38	9:57
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97			
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97	37,5	6,38	9:55
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97			
22.5	19142 T3	1	4,07	3,66	13,22	4,89	2,97			
27.5	19147 T9	1	4,08	3,65	13,21	4,92	2,91	37,5	6,36	10:00
27.5	19147 T9	1	4,08	3,65	13,21	4,92	2,91		6,36	
27.5	19147 T9	1	4,08	3,65	13,21	4,92	2,91	37,4	6,36	9:54
27.5	19147 T9	1	4,08	3,65	13,21	4,92	2,91			
27.5	19147 T9	1	4,08	3,65	13,21	4,92	2,91			
28.5	19148 T5	1	4,07	3,68	13,21	4,89	2,99	37,4	6,39	10:25
28.5	19148 T5	1	4,07	3,68	13,21	4,89	2,99		6,39	
28.5	19148 T5	1	4,07	3,68	13,21	4,89	2,99	37,4	6,39	10:30
28.5	19148 T5	1	4,07	3,68	13,21	4,89	2,99	37,4	6,38	9:50
28.5	19148 T5	1	4,07	3,68	13,21	4,89	2,99			

Příloha 1d: Datum měření, šarže, parametry standardizovaného mléka a mléka při sýření

Datum měření	Šarže	Standardizované mléko						Mléko při sýření		
		Stáří mléka [den]	Tuk [%]	Bílkovina [%]	Sušina [%]	Laktóza [%]	Kasein [%]	Teplota [°C]	pH []	Doba srážení
29.5	19149 T1	1	4,07	3,65	13,22	4,95	2,96	37,5	6,39	10:12
29.5	19149 T1	1	4,07	3,65	13,22	4,95	2,96			
10.6	19161 T8	1	4,03			4,92	2,95	37,5	6,38	9:32
10.6	19161 T8	1	4,03			4,92	2,95			
10.6	19161 T8	1	4,03			4,92	2,95	37,5		9:26
10.6	19161 T8	1	4,03			4,92	2,95		6,38	
10.6	19161 T8	1	4,03			4,92	2,95	37,5		9:22
11.6	19162 T2	2	4,1	3,65	13,21	4,85	2,97	37,6	6,37	10:37
11.6	19162 T2	2	4,1	3,65	13,21	4,85	2,97			
11.6	19162 T2	2	4,1	3,65	13,21	4,85	2,97	37,6		10:22
11.6	19162 T2	2	4,1	3,65	13,21	4,85	2,97		6,37	
12.6	19163 T9	2	4,09	3,67	13,21	4,87	2,99	37,6	6,39	9:28
12.6	19163 T9	2	4,09	3,67	13,21	4,87	2,99			
12.6	19163 T9	2	4,09	3,67	13,21	4,87	2,99	37,6		9:43
12.6	19163 T9	2	4,09	3,67	13,21	4,87	2,99			
12.6	19163 T5	2	4,09	3,7	13,23	4,85	3,04	37,6	6,39	9:46
12.6	19163 T5	2	4,09	3,7	13,23	4,85	3,04			
12.6	19163 T5	2	4,09	3,7	13,23	4,85	3,04	37,6		9:31
12.6	19163 T5	2	4,09	3,7	13,23	4,85	3,04		6,38	
13.6	19164 T4	1	4,06	3,65	13,15	4,88	2,94			9:36
13.6	19164 T4	1	4,06	3,65	13,15	4,88	2,94			
13.6	19164 T4	1	4,06	3,65	13,15	4,88	2,94	37,6	6,42	9:38

Příloha 1e: Datum měření, šarže, parametry standardizovaného mléka a mléka při syření

Datum měření	Šarže	Standardizované mléko						Mléko při syření		
		Stáří mléka [den]	Tuk [%]	Bílkovina [%]	Sušina [%]	Laktóza [%]	Kasein [%]	Teplota [°C]	pH []	Doba srážení
13.6	19164 T1	1	4,07	3,64	13,16	4,90	2,95		6,37	
13.6	19164 T1	1	4,07	3,64	13,16	4,90	2,95	37,6		9:31
13.6	19164 T1	1	4,07	3,64	13,16	4,90	2,95			
13.6	19164 T1	1	4,07	3,64	13,16	4,90	2,95	37,5	6,38	9:39
17.6	19168 T8	2	4,08	3,64	13,2	4,90	2,96	37,5	6,37	9:17
17.6	19168 T8	2	4,08	3,64	13,2	4,90	2,96			
17.6	19168 T8	2	4,08	3,64	13,2	4,90	2,96	37,5	6,37	9:52
17.6	19168 T8	2	4,08	3,64	13,2	4,90	2,96			
17.6	19168 T6	1	4,09	3,69	13,23	4,88	3,80			
17.6	19168 T6	1	4,09	3,69	13,23	4,88	3,80	37,6	6,37	9:45
17.6	19168 T6	1	4,09	3,69	13,23	4,88	3,80			
17.6	19168 T6	1	4,09	3,69	13,23	4,88	3,80			
17.6	19168 T6	1	4,09	3,69	13,23	4,88	3,80	37,6	6,36	9:40
18.6	19169 T5	2	4,11	3,67	13,23	4,90	2,98	37,5	6,3	10:03
18.6	19169 T5	2	4,11	3,67	13,23	4,90	2,98	37,5	6,29	9:50
18.6	19169 T5	2	4,11	3,67	13,23	4,90	2,98			
18.6	19169 T8	1	4,05	3,66	13,2	4,90	2,98	37,5	6,36	9:40
18.6	19169 T8	1	4,05	3,66	13,2	4,90	2,98	37,5	6,35	9:55
19.6	19170 T2	1	4,03	3,65	13,19	4,96	2,96			
19.6	19170 T2	1	4,03	3,65	13,19	4,96	2,96	37,5	6,34	9:05
19.6	19170 T2	1	4,03	3,65	13,19	4,96	2,96			10:03
19.6	19170 T2	1	4,03	3,65	13,19	4,96	2,96		6,33	

Příloha 2a: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry sýrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syrovátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
30.4	19120 T5	39410	1	22,2	6,35	36,3	35,8	6,37	6,37	6,34	105,86	102,12
30.4	19120 T5	39410	2	22,5	6,32	36,3	35,8	6,33	6,33	6,32	105,86	102,12
30.4	19120 T5	39410	3	22,5	6,34	36,4	36,2	6,34	6,33	6,31	105,86	102,12
30.4	19120 T5	39410	1	22,5	6,34	36,4	36,2	6,33	6,34	6,31	105,86	102,12
30.4	19120 T5	39410	2	22,9	6,32	36,4	36,1	6,36	6,36	6,31	105,86	102,12
30.4	19120 T3	30800	3	24,6	6,29	36,3	36,1	6,31	6,30	6,29	106,99	105,29
30.4	19120 T3	30800	1	23,2	6,34	36,3	36,1	6,32	6,32	6,31	106,99	105,29
30.4	19120 T3	30800	2	22,6	6,36	36,4	36,3	6,33	6,33	6,32	106,99	105,29
30.4	19120 T3	30800	3	23,1	6,35	36,6	36,4	6,32	6,32	6,31	106,99	105,29
30.4	19120 T3	30800	1	22,7	6,32	36,6	36,5	6,31	6,31	6,29	106,99	105,29
2.5	19122 T4	12300	2	23,4	6,28	36,7	35,4	6,31	6,31	6,27	105,67	102,18
2.5	19122 T6	58080	3	22,8	6,34	36,9	36,6	6,33	6,35	6,30	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	1	22,7	6,31	36,5	36,4	6,32	6,32	6,28	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	2	22,8	6,30	36,8	36,5	6,32	6,31	6,28	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	3	22,9	6,29	36,8	36,3	6,31	6,31	6,28	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	1	23,4	6,29	36,8	36,4	6,30	6,31	6,27	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	2	23,9	6,28	36,7	36,4	6,30	6,30	6,26	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	3	23,5	6,30	36,8	36,4	6,30	6,30	6,29	105,67	103,08
2.5	19122 T6	58080	1	22,9	6,31	36,8	36,2	6,30	6,33	6,27	105,67	103,08
2.5	19123 T2	28000	1	24,9	6,19	36,3	36,0	6,25	6,25	6,25	105,67	103,08

Příloha 3b: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry syrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syravátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
3.5	19123 T2	28000	3	23,2	6,21	36,3	36,2	6,27	6,25	6,25	112,54	109,30
3.5	19123 T2	28000	1	23,3	6,14	36,3	36,1	6,23	6,23	6,20	112,54	109,30
7.5	19127 T3	15000	3	22,8	6,38	35,5	35,0	6,36	6,37	6,34	108,81	104,05
7.5	19127 T3	15000	1	22,5	6,37	35,5	35,2	6,38	6,35	6,32	108,81	104,05
9.5	19129 T9	34650	1	23,1	6,31	36,3	36,0	6,33	6,34	6,29	104,77	103,01
9.5	19129 T9	34650	2	22,8	6,24	36,3	36,1	6,28	6,28	6,25	104,77	103,01
9.5	19129 T9	34650	3	22,7	6,26	35,8	35,8	6,28	6,29	6,27	104,77	103,01
9.5	19129 T9	34650	1	22,9	6,28	35,9	35,9	6,29	6,30	6,27	104,77	103,01
9.5	19129 T9	34650	2	22,90	6,25	36,3	36,3	6,29	6,28	6,26	104,77	103,01
9.5	19129 T5	34480	3	23,1	6,27	36,3	36,1	6,26	6,27	6,27	107,72	105,68
9.5	19129 T5	34480	1	22,8	6,26	36,3	36,0	6,28	6,28	6,25	107,22	105,68
9.5	19129 T5	34480	2	22,7	6,33	36,3	36,0	6,31	6,32	6,29	107,22	105,68
14.5	19134 T8	28770	1	23,2	6,41	35,7	35,3	6,40	6,41	6,37	103,96	
14.5	19134 T8	28770	2	23,3	6,38	35,7	35,5	6,36	6,37	6,34	103,96	
14.5	19134 T8	28770	3	22,8	6,38	35,7	35,1	6,37	6,38	6,33	103,96	
15.5	19134 T8	28770	1	22,6	6,37	35,7	35,0	6,35	6,37	6,33	103,96	
15.5	19135 T4	35180	1	21,6	6,35	36,0	35,7	6,30	6,30	6,29	105,23	103,42
15.5	19135 T4	35180	2	22,6	6,33	36,0	35,6	6,29	6,29	6,27	105,23	103,42
15.5	19135 T4	35180	3	22,7	6,33	36,1	36,0	6,27	6,28	6,25	105,23	103,42
15.5	19135 T4	35180	1	22,4	6,34	36,2	35,7	6,30	6,30	6,28	105,23	103,42

Příloha 4c: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry syrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syravátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
21.5	19141 T8	35200	1	22,5	6,40	36,1	35,6	6,39	6,40	6,37	108,40	98,04
21.5	19141 T8	35200	2	23,1	6,41	35,9	35,8	6,39	6,41	6,36	108,40	98,04
21.5	19141 T8	35200	1	23,6	6,38	35,8	35,3	6,39	6,40	6,33	108,40	98,04
21.5	19141 T8	35200	2	22,7	6,42	35,8	35,8	6,38	6,38	6,34	108,40	98,04
21.5	19141 T5	35690	3	21,7	6,45	36,1	36,0	6,41	6,41	6,35	101,10	
21.5	19141 T5	35690	1	21,9	6,46	36,2	36,1	6,40	6,42	6,37	101,10	
21.5	19141 T5	35690	2	21,8	6,45	36,2	35,7	6,40	6,41	6,37	101,10	
21.5	19141 T5	35690	3	22,1	6,42	36,2	36,2	6,38	6,41	6,36	101,10	
21.5	19141 T5	35690	1	21,8	6,45	36,3	36,1	6,40	6,41	6,38	101,10	
22.5	19142 T3	49310	1	21,9	6,42	36,2	36,0	6,38	6,40	6,36	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	2	22,8	6,40	36,2	36,0	6,36	6,36	6,33	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	3	23,6	6,37	36,2	35,8	6,34	6,34	6,32	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	1	22,3	6,40	36,0	35,8	6,34	6,35	6,32	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	2	22,8	6,40	36,3	36,2	6,34	6,34	6,33	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	3	22,5	6,35	36,3	35,8	6,33	6,34	6,31	101,71	98,31
22.5	19142 T3	49310	1	22,3	6,41	36,1	36,3	6,35	6,36	6,33	101,71	98,31
27.5	19147 T9	34800	1	21,7	6,44	35,9	35,8	6,37	6,40	6,35	101,69	99,87
27.5	19147 T9	34800	2	21,8	6,43	36,0	35,4	6,36	6,38	6,34	101,69	99,87
27.5	19147 T9	34800	3	22,1	6,42	35,8	35,4	6,38	6,39	6,34	101,69	99,87
27.5	19147 T9	34800	1	21,9	6,42	36,0	35,6	6,36	6,39	6,32	101,69	99,87
27.5	19147 T9	34800	2	22,4	6,41	36,0	36,0	6,36	6,36	6,32	101,69	99,87

Příloha 5d: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry syrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syravátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
28.5	19148 T5	34620	3	22,7	6,38	36,1	35,4	6,33	6,34	6,32	99,29	96,23
28.5	19148 T5	34620	1	22,2	6,38	36,1	35,7	6,33	6,34	6,31	99,29	96,23
28.5	19148 T5	34620	2	22,0	6,37	36,0	36,0	6,34	6,34	6,31	99,29	96,23
29.5	19149 T1	34720	1	21,5	6,39	35,9	35,4	6,38	6,38	6,35	99,90	
29.5	19149 T1	34720	2	22,6	6,36	36,1	35,4	6,33	6,34	6,32	99,90	
29.5	19149 T1	34720	3	22,3	6,35	36,1	35,9	6,34	6,34	6,32	99,90	
29.5	19149 T1	34720	1	22,0	6,37	36,0	35,4	6,33	6,34	6,33	99,90	
29.5	19149 T1	34720	2	22,2	6,36	36,2	35,8	6,34	6,35	6,32	99,90	
10.6	19161 T8	35500	1	21,7	6,42	36,1	35,4	6,39	6,39	6,37	103,69	101,84
10.6	19161 T8	35500	2	22,6	6,36	36,2	35,7	6,36	6,36	6,32	103,69	101,84
10.6	19161 T8	35500	3	22,3	6,38	36,2	35,9	6,35	6,35	6,32	103,69	101,84
10.6	19161 T8	35500	1	22,3	6,36	36,1	36,0	6,34	6,34	6,32	103,69	101,84
10.6	19161 T8	35500	2	22,8	6,35	36,1	36,1	6,32	6,33	6,3	103,69	101,84
11.6	19162 T2	31380	1	22,8	6,33	36,0	35,6	6,37	6,38	6,35	105,70	104,36
11.6	19162 T2	31380	2	22,5	6,30	36,2	36,1	6,34	6,34	6,31	105,70	104,36
11.6	19162 T2	31380	3	21,8	6,31	36,2	35,9	6,33	6,33	6,32	105,70	104,36
11.6	19162 T2	31380	1	22,7	6,31	36,2	35,7	6,33	6,33	6,31	105,70	104,36
12.6	19163 T9	29880	3	23,5	6,30	36,4	36,2	6,34	6,34	6,32	107,01	104,62
12.6	19163 T9	29880	1	22,3	6,34	36,1	35,8	6,34	6,34	6,32	107,01	104,62
12.6	19163 T9	29880	2	23,0	6,33	36,2	36,1	6,33	6,33	6,33	107,01	104,62

Příloha 6e: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry syrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syrovátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
12.6	19163 T5	29880	1	22,5	6,37	36,4	35,8	6,37	6,40	6,35	110,09	107,39
13.6	19164 T4	33710	2	22,7	6,34	36,1	36,1	6,41	6,44	6,38	105,68	103,56
13.6	19164 T4	33710	3	22,1	6,38	36,3	36,1	6,41	6,43	6,37	105,68	103,56
13.6	19164 T4	33710	1	22,6	6,39	36,3	35,5	6,41	6,43	6,37	105,68	103,56
13.6	19164 T4	33710	2	21,9	6,38	36,4	35,8	6,39	6,40	6,35	105,68	103,56
13.6	19164 T1	58650	3	22,6	6,28	36,3	36,1	6,32	6,32	6,3	108,78	105,78
13.6	19164 T1	58650	1	23,0	6,30	36,4	35,6	6,31	6,32	6,3	108,78	105,78
13.6	19164 T1	58650	2	23,7	6,27	36,1	35,8	6,31	6,31	6,28	108,78	105,78
13.6	19164 T1	58650	3	22,3	6,26	36,3	36,0	6,28	6,30	6,28	108,78	105,78
13.6	19164 T1	58650	1	23,8	6,27	36,2	36,4	6,29	6,30	6,29	108,78	105,78
17.6	19168 T8	27500	1	21,4	6,34	36,1	35,8	6,36	6,37	6,33	103,93	100,31
17.6	19168 T8	27500	2	21,7	6,31	36,1	35,7	6,33	6,33	6,32	103,93	100,31
17.6	19168 T8	27500	3	21,6	6,32	36,1	35,8	6,35	6,34	6,32	103,93	100,31
17.6	19168 T8	27500	1	21,6	6,32	36,1	35,9	6,34	6,34	6,32	103,93	100,31
17.6	19168 T6	42100	2	22,6	6,32	36,4	35,9	6,34	6,34	6,33	108,24	104,21
17.6	19168 T6	42100	3	22,6	6,34	36,3	35,7	6,36	6,36	6,34	108,24	104,21
17.6	19168 T6	42100	1	22,6	6,34	36,2	35,5	6,35	6,35	6,33	108,24	104,21
17.6	19168 T6	42100	2	23,2	6,31	36,3	35,9	6,32	6,33	6,31	108,24	104,21
17.6	19168 T6	42100	3	22,7	6,32	36,3	35,7	6,32	6,33	6,32	108,24	104,21
18.6	19169 T5	35250	3	22,4	6,31	36,1	35,4	6,30	6,29	6,26	107,50	103,61
18.6	19169 T5	35250	1	23,0	6,25	36,1	35,9	6,25	6,25	6,22	107,50	103,61

Příloha 7f: Datum měření, šarže, velikost šarže, tank druhé maturace, parametry sýrového zrna, syrovátky, hmotnosti sýrů při zrání a balení

Datum měření	Šarže	Velikost šarže [l]	Tank II. maturace	Zrno				Syrovátka			Zrání	Balení
				Sušina [%]	pH []	Teplota- střed [°C]	Teplota- kraj [°C]	pH- sběrná vana []	pH- forma []	pH- vyrovnávací nádobka []	Hmotnost [g]	Hmotnost [g]
18.6	19169 T8	34620	1	23,2	6,32	36,4	36,0	6,30	6,30	6,28	107,50	107,73
19.6	19170 T2	57690	2	22,8	6,31	36,2	35,8	6,32	6,32	6,27	98,31	103,01
19.6	19170 T2	57690	3	22,5	6,31	36,0	35,6	6,30	6,31	6,27	98,31	103,01
19.6	19170 T2	57690	1	22,8	6,33	36,2	35,7	6,32	6,32	6,26	98,31	103,01
19.6	19170 T2	57690	2	22,7	6,31	36,4	36,0	6,29	6,30	6,27	98,31	103,01
19.6	19170 T2	57690	3	23,0	6,31	36,4	36,2	6,28	6,29	6,25	98,31	103,01
19.6	19170 T2	57690	1	23,0	6,29	36,4	36,2	6,29	6,29	6,26	98,31	103,01